3 vol
65 planches complet

225 L N.IX.c
13

38171/C

COURS
DE
PHYSIQUE
EXPERIMENTALE ET MATHEMATIQUE.
TOME I.

55151

COURS
DE
PHYSIQUE EXPERIMENTALE
ET MATHEMATIQUE,

PAR PIERRE VAN MUSSENBROEK,

TRADUIT

Par M. S*IGAUD DE LA* F*OND*, *Démonstrateur de Physique Expérimentale, Maître de Mathématiques, de la Société Royale des Sciences de Montpellier, des Académies Royale des Sciences & Belles-Lettres d'Angers, Electorale de Baviere, &c.*

TOME PREMIER.

A PARIS,

Chez DELALAIN, Libraire, rue Saint-Jacques, à S. Jacques.

M. DCC. LXIX.

Avec Approbation, & Privilege du Roi.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

A SON ALTESSE SÉRÉNISSIME

GUILLAUME V,

PRINCE D'ORANGE ET DE NASSAU,

Gouverneur Héréditaire des Provinces-Unies, & Commandant en Chef de ſes Troupes ſur Terre & ſur Mer, &c. &c. &c.

JEAN GUILLAUME VAN MUSSENBROEK.

Je profite, Grand Prince, de la permiſſion que vous avez bien voulu me donner, de vous dédier un Ouvrage que mon pere a compoſé ſur la fin de ſa vie, & qui n'a pu pa-

roître qu'après ſa mort. Votre illuſtre Nom, mis à la tête de cet Ouvrage, comblera de gloire ſon Auteur, & le mettra à l'abri de la cabale des envieux : le ſujet même du Livre que j'ai l'honneur de vous préſenter, m'a paru digne de votre attention ; car c'eſt à la Phyſique que nous devons ces digues & toutes ces machines de différentes eſpeces, qui défendent, contre l'effort impétueux des eaux, notre Patrie, que vous aiderez un jour de vos conſeils, & qui ſera confiée à vos ſoins.

Vous avez montré, dès votre plus tendre jeuneſſe, un goût décidé pour cette Science : l'empreſſement avec lequel vous aſſiſtiez aux Leçons de Phyſique Expérimentale, les fréquens voyages que vous faiſiez à Leyde pour faire à mon pere l'honneur de venir l'entendre lorſqu'il expliquoit les différentes propriétés des corps ; l'attention dont vous l'honoriez, les queſtions ſublimes que vous lui faiſiez, nous ont fait prévoir dès-lors que vous voudriez un jour pénétrer toute la profondeur de cette Science.

D'après cela, GRAND PRINCE, *j'ai penſé que vous trouveriez bon que je fiſſe paroître ſous vos auſpices un Ouvrage qui comprend toutes les expériences dont vous avez été témoin, & je ne fais en cela qu'exécuter les deſirs & la volonté de mon pere. Il a héſité pendant long-tems à faire imprimer cet Ouvrage, & la plus forte des raiſons qui l'y déterminerent, ce fut de profiter, comme il le diſoit ſouvent, de l'occaſion qu'il avoit tant deſirée de vous marquer ſa re-*

connoissance pour tous les bienfaits qu'il avoit reçus de vous, & de manifester publiquement les vœux sincères qu'il faisoit pour votre prospérité particuliere, & pour toute l'auguste Maison d'Orange. La mort, qui ne lui a pas laissé le tems de mettre la derniere main à son Ouvrage, l'a empêché de vous faire hommage du fruit de ses travaux, & le Ciel m'a réservé pour remplir ce louable dessein. Quelle satisfaction n'ai-je pas en ce moment, GRAND PRINCE, *de vous assurer que la Famille bienfaisante de* NASSAU *n'a répandu ses faveurs sur personne qui en soit plus pénétré de reconnoissance que moi! Que ne dois-je pas en particulier à votre illustre Mere, dont la mort a fait verser tant de larmes à tous les gens de bien! Elle m'a assuré une place dans l'Ordre respectable des Sénateurs de la Ville qui m'a vu naître: je sens qu'une faveur aussi distinguée est au-dessus de toutes mes expressions, & je ne puis mieux faire connoître combien j'y suis sensible, & mieux manifester les sentimens de ma reconnoissance, qu'en faisant de nouveaux efforts pour me rendre utile à ma Patrie, & pour mériter votre estime & votre protection.*

Il ne me reste plus qu'à supplier le suprême Arbitre de toutes choses, pour votre conservation & pour celle de votre auguste Famille, & à lui demander que l'illustre Maison d'Orange, telle qu'un grand arbre chargé de fruits précieux, couvre de son ombre bienfaisante toutes les Provinces-Unies.

Fasse le Ciel que marchant sur les traces de votre auguste Pere, & sur celles de vos Ancêtres, que guidé par les conseils de l'illustre Prince le Duc de Wolfembutel, *qui a fait auprès de vous les fonctions d'un sage Mentor, vous égaliez leurs vertus & leurs talens! Puisse un jour cette République, fondée par des Héros dont vous tirez votre origine, acquérir de nouvelles forces, & recouvrer sous votre heureux Gouvernement, sa premiere splendeur! n'avoir rien à craindre sous un tel Chef de l'effort de ses ennemis! conserver la liberté des Loix & de la Religion! voir fleurir sous vos auspices une paix durable, les Sciences & les Arts! l'Univers vous reconnoîtra pour le Pere de notre Patrie, le Protecteur de la Liberté, le Conservateur de la paix & le Mécene de la Hollande! Puissent enfin vos vertus & votre nom passer à la postérité la plus reculée!*

A Leyde, le premier Juillet 1762.

PREFACE

PREFACE

DE JEAN LULOLFS.

Il est si manifeste que nous avons fait des progrès immenses dans la connoissance de la Nature, depuis le commencement du dix-septieme siecle, & que nous l'emportons en cela de beaucoup sur les Anciens, qu'il n'est besoin, pour le prouver, que de comparer leurs Ecrits avec ceux des Modernes. Les Ouvrages seuls de *Mussenbroek*, qui fut pendant vingt & un ans la gloire & l'ornement de cette Académie, sont une preuve bien claire que de toutes les Sciences, la Physique est celle qui s'est le plus perfectionnée par l'expérience & les observations : on remarque même dans les Ecrits de ce célebre Auteur, une progression lumineuse : on voit qu'il a corrigé, ou perfectionné par la suite, soit d'après ses propres découvertes, soit d'après celles d'autrui, ce qu'il avoit avancé en premier lieu, & tel sentiment qu'il avoit d'abord cru véritable, ne lui a paru, d'après des observations réitérées, fondé que sur de faux préjugés.

Il fit imprimer en 1726 un abrégé d'*Elémens Physico-Mathématiques*, qu'on peut regarder comme le premier échantillon de l'Ouvrage que nous présentons ici au Public : il étoit destiné pour ses usages académiques ; il contenoit les principaux théorêmes qu'on avoit découverts & démontrés jusqu'alors. Obligé de le faire réimprimer en 1734, il y fit quelques légers changemens dans la méthode & l'ordre des matieres ; & en faveur des

Commençants, il en retrancha les propoſitions les plus difficiles.

Le célebre Docteur *Déſaguilliers* qui habitoit dans ce tems-là en Hollande, ayant enſeigné à ceux mêmes qui n'avoient aucune connoiſſance de la Littérature, la vraie méthode d'étudier la Nature; pluſieurs perſonnes bien intentionnées s'aviſerent, pour favoriſer le goût de ceux qui voudroient faire de plus grands progrès dans cette Science, de traduire en langue du Pays ces Elémens de Phyſique, & de les faire paroître, malgré l'Auteur, ou au moins à ſon inſu, par morceaux détachés & peu corrects.

Muſſenbroek, qui ſentoit parfaitement que ſon Ouvrage ainſi mutilé, ne ſeroit point d'un grand avantage à ceux pour qui il étoit deſtiné, fut obligé d'entreprendre un travail auſſi pénible que nouveau pour lui, & il donna ſon Livre en 1736, ſous le titre Hollandois de *Beginſels der Natuurkunde*, qui ſignifie, Principes de Phyſique, dans lequel il faiſoit part au Public de ce qu'il avoit expliqué tous les ans à ſes Auditeurs dans ſes Leçons particulieres. Cet Ouvrage fut réimprimé en 1739, avec des augmentations, & traduit en François peu de tems après par le célebre *Maſſuet*.

Muſſenbroek fit réimprimer en 1741 ſes Elémens de Phyſique, avec quelques changemens & quelques corrections, pour l'uſage de ſes Auditeurs. Il donna encore en leur faveur en 1748 les Inſtitutions phyſiques, avec un Abrégé très clair des nouvelles découvertes faites par les Modernes. Dès le commencement de l'année 1760, on ſe plaignit de la rareté des Exemplaires de ce

Livre: notre infatigable Auteur fut touché de ces plaintes, & quoiqu'il se sentît à la fin de sa carriere, il résolut, pour se rendre de plus en plus utile à tout le monde, de faire imprimer un Ouvrage de Physique plus ample & plus correct que tous ceux qu'il avoit publiés jusqu'alors, d'y mettre en ordre ce qu'il avoit enseigné à ses Ecoliers, & ce qu'ils avoient écrit sous sa dictée, d'y insérer le recueil d'un très grand nombre d'observations & d'expériences qu'il avoit recueillies avec tout le soin possible, pendant le cours de sa vie, & d'en faire ensuite un Abrégé pour servir à ses Leçons particulieres.

C'est ainsi que notre célebre Auteur entreprit l'Ouvrage que nous présentons aujourd'hui au Public, Ouvrage que son âge & sa santé lui laissoient à peine l'espoir d'achever; & quoiqu'il eût vraisemblablement ajoûté quelques choses aux derniers Chapitres, s'il avoit eu le tems d'y mettre la derniere main, nous pouvons néanmoins assurer que personne avant lui n'a donné un corps de Physique plus complet que celui-ci. Les théorêmes les plus utiles au genre humain, suivis des démonstrations les plus claires, les observations & les expériences modernes les plus intéressantes, y sont si bien développées, que l'Auteur n'a pas seulement surpassé les autres Ecrivains en ce genre, mais que par un travail immense, & un effort admirable de génie, il s'est surpassé lui-même.

Dans son Traité de *Méchanique*, il a fait des additions considérables à tout ce qui regarde les machines composées, & il a beaucoup mieux développé la théorie des machines simples. Le

dixieme Chapitre, qui traite de la *Méchanique du mouvement*, est entiérement nouveau. Cet objet, qui fut toujours négligé par tous les Physiciens, fut d'abord traité par l'immortel *s'Gravesande*, qui fut autrefois mon Maître, & celui de *Mussenbroek*, & à qui nous devons un si grand nombre de belles découvertes dans la Méchanique, & dans toutes les parties de la Physique & des Mathématiques. Après ce grand homme, le célebre *Euler*, qui ne le cede en rien aux plus célebres Géometres, traita la même matiere, & tous les Physiciens les ont imités ensuite. *Mussenbroek* a suivi la même carriere, en s'attachant sur-tout à la route que lui avoit tracée l'ingénieux M. *Bouguer*, dans son excellent Traité de la *Manœuvre des vaisseaux*.

Il a fait beaucoup d'augmentations dans le Chapitre onzieme, sur le *mouvement composé*; dans le douzieme, sur *la descente des graves sur un plan incliné*; dans le dix-septieme, sur *le choc des corps* : mais les plus grands changemens & les additions les plus remarquables qu'il ait faits, se trouvent au Chapitre sur l'*Electricité*, qu'il a entiérement refondu, & qu'on peut regarder comme nouveau ; car ce ne fut que depuis l'année 1748 que les *Institutions de Physique* parurent, que *Mussenbroek* & les autres Physiciens firent les plus belles découvertes sur cette matiere.

Il faut rapporter ici ce que notre Auteur a dit des expériences du Duc *de Noya*, d'*Æpinus*, & des autres Naturalistes, sur la *tourmaline* & sur la *torpille*.

Il seroit trop long, & même inutile, d'entrer dans le détail

de ce qu'il a ajoûté de nouveau dans chaque Traité : je me contenterai de dire que le Chapitre qui traite des *corps qui absorbent la lumiere*, est presqu'entiérement neuf ; qu'il a fait des augmentations considérables dans le Traité *de la cohérence & de la fermeté* (ce qui a occasionné beaucoup de peines & de dépenses à notre Auteur, par les différens essais qu'il a été obligé de faire), à celui *des corps solides plongés dans les liquides*, & à celui dans lequel il parle *de la gravité spécifique des solides & des liquides*. Il n'a pas moins augmenté le Chapitre *de l'œil*, dans lequel la conformation de l'œil de l'homme est développée avec beaucoup plus d'exactitude qu'elle ne l'avoit été jusqu'alors par les Physiologistes. La description de cet organe est presqu'entiérement due au célebre Anatomiste *B. S. Albin.* Enfin notre célebre Auteur a fait également un grand nombre d'additions au Traité *de l'Air*, à celui des *Météores aqueux & ignés*, mais sur-tout à celui *des Vents.*

Mussenbroek a présidé lui-même à l'édition de son Ouvrage jusqu'à la page 713 ; mais étant tombé malade en 1760, il me pria de veiller à l'impression de son Livre, s'il mouroit avant qu'elle fût finie. Ce fut le 19 Septembre de l'année derniere que nous perdimes ce grand homme, dont la perte est irréparable pour notre Académie ; & pour exécuter la promesse que mon attachement & mon respect m'avoient engagé à lui faire, j'ai comparé le reste de l'édition avec son manuscrit & ses planches. M. *J. F. Hennert*, très versé dans la Géométrie sublime, & le digne Disciple du grand *Euler*, s'est donné la peine de corriger

les fautes les plus conſidérables dans les épreuves. Nous lui devons auſſi la Table des Matieres, travail auſſi ingrat que peu convenable à un homme qui a de ſi grands talens : mais il a bien voulu l'entreprendre pour l'utilité publique.

AVERTISSEMENT
DU TRADUCTEUR.

Nous pourrions ajoûter beaucoup ici aux justes éloges que le Savant Lulolfs *donne à l'Ouvrage que nous présentons au Public. Les soins que nous avons apportés à le traduire, la comparaison que nous en avons continuellement faite avec l'ancien Ouvrage du même Auteur, nous ont mis à portée de saisir tous les changemens, toutes les corrections & toutes les additions que le célebre* Mussenbroek *y a faits. Mais nous laissons au Lecteur le plaisir de comparer lui-même ces deux Ouvrages, & de juger du travail immense que celui-ci a dû coûter à notre Auteur.*

Nous ne nous arrêterons donc point à faire observer que ce dernier est rempli d'une multitude innombrable d'observations aussi exactes que suivies, chargé d'expériences faites avec tout le soin possible; appuyé, autant que les matieres le permettent, sur les principes certains des Mathématiques, & dans lequel notre Auteur ouvre continuellement de nouvelles voies à de nouvelles recherches, & fournit en même-tems les moyens les plus propres à en assurer le succès. Nous croyons ne devoir rendre compte ici que de notre travail.

La candeur & la modestie qui distinguerent toujours Mussenbroek, *le déterminerent à donner à cet Ouvrage le titre d'*Introduction à la Philosophie naturelle: *mais nous avons cru pouvoir nous permettre de le faire paroître sous un titre plus pompeux & plus conforme à son caractere; & nous sommes persuadés que personne ne lui contestera celui de* Cours de Physique Expérimentale & Mathématique.

Quant à la maniere avec laquelle nous avons traduit cet Ouvrage, nous avons cru devoir plûtôt nous prêter au sens de l'Auteur, que nous attacher à une traduction servile & littérale, dont nous ne nous sommes cependant écartés, que pour éviter quelquefois des constructions qui n'auroient pû convenir au génie de notre Langue. Nous avons aussi étendu certaines expressions, pour mieux développer le sens de la chose.

Malgré les ſoins qu'ont apportés à l'impreſſion de cet Ouvrage les célebres Editeurs, qui s'en ſont chargés, nous y avons trouvé quelques fautes qui leur ont échappé, & que nous avons indiquées en notes au bas des pages.

Nous avons cru devoir ajoûter auſſi des notes en pluſieurs endroits, ſoit pour définir pluſieurs termes d'Hiſtoire naturelle, de Médecine & de Mathématiques, qui ſe trouvent dans le corps de l'Ouvrage, ſoit pour confirmer, par des obſervations particulieres, celles qui ſont rapportées par l'Auteur.

Comme la maniere de faire des expériences pour conſtater une vérité qu'on veut établir, n'eſt rien moins qu'indifférente, & qu'elle exige quantité de précautions, qu'on ne pourroit ſoupçonner néceſſaires au premier abord, nous avons cru obliger nos Lecteurs, en faiſant imprimer à la tête de cet Ouvrage un Diſcours de M. Deſlandes *ſur cette matiere. Ce Diſcours mérite d'autant mieux de trouver ici ſa place, qu'on ne le trouve point imprimé ſéparément, & que d'ailleurs on peut le regarder en partie comme une des productions de notre célebre Auteur; puiſque c'eſt celui qu'il prononça le* 17 *Mars* 1730 *à l'Académie d'Utrecht, qui forme tout le plan de celui ci, qui nous a paru très bien fait & très propre à diriger un Phyſicien dans la maniere de traiter la Phyſique Expérimentale.*

DISCOURS

DISCOURS

SUR LA MEILLEURE MANIERE DE FAIRE LES EXPERIENCES.

ON S'IMAGINE d'ordinaire que rien n'eſt plus aiſé que de faire des expériences ; & même des Savans du premier ordre (je parle ainſi ſuivant le préjugé vulgaire) ont traité cette occupation de frivole & de puérile. Cependant, j'oſe le dire, elle eſt d'une difficulté infinie : elle demande beaucoup d'art, beaucoup de fineſſe & de ſagacité d'eſprit. J'ajoûterai quelque choſe de plus, & cela d'après une des remarques de M. *Deſcartes* ; c'eſt qu'elle ſuppoſe qu'on ſe ſoit apprivoiſé avec les bons principes, qu'on ait renoncé à ſes préventions particulieres, & ſur-tout à ce je ne sais quoi de faux, que chacun met dans ſa maniere favorite d'enviſager les objets extérieurs. En effet, un Diſciple d'*Ariſtote* les ſaiſit, les apperçoit différemment du Cartéſien, & le Cartéſien encore différemment de ceux qui ſuivent les principes de *Stahl*, ou de *Newton*. Embraſſer un ſyſtême aujourd'hui, c'eſt preſque ſe condamner à ne voir les choſes que d'un certain biais, & éviter de les voir de tout autre; c'eſt ſe mettre ſur les yeux un verre teint d'une couleur particuliere, ſans s'embarraſſer ſi ce verre altérera les objets, ou même s'il les ternira. Il faut donc être délivré de tout parti, avoir ſecoué toute autorité, pour entreprendre de bien faire des expériences. Le génie y eſt du moins autant néceſſaire que le jugement : le génie, afin de s'ouvrir de nouvelles routes; le jugement, afin de ſe conduire au milieu de toutes ces routes avec diſcrétion & prudence. Quand l'Amant décidé d'*Ariane* s'engagea ſur ſa parole

dans les allées tortueuſes & les détours du labyrinthe, il comptoit ſur le fil fatal dont elle devoit armer ſa main, & il y comptoit d'autant plus, qu'il craignoit les ſuites de ſon entrepriſe. Tout cela ſuppoſé, je viens au Diſcours même, dont voici l'eſſentiel & le plus frappant.

Comme on ne connoît les intelligences que par les opérations qui découvrent la ſpiritualité de leur nature, & dont la raiſon ſeule peut juger; de la même maniere on ne connoît les corps que par les propriétés qui les diſtinguent les uns des autres, & dont les ſens doivent d'abord décider.

Chaque homme, en ſe repliant ſur lui-même, ne peut s'empêcher de ſentir qu'il poſſede un principe d'intelligence, une ame qui ſert à le conduire pendant les bornes étroites de la vie. Mais ſi, plein de cette premiere penſée, il cherche à ſe procurer quelque lumiere ſur les corps qui l'environnent, il eſt comme obligé de ſortir hors de lui-même, & de faire uſage des organes ménagés avec tant d'art, que la nature lui a donnés. Ces organes ſont les ſens. Mais j'oſerai dire qu'il eſt ſouvent auſſi périlleux de ſe fier à leurs témoignages, qu'il étoit ſûr de s'en rapporter au témoignage de ſa conſcience. De-là vient qu'on ſe connoît mieux qu'on ne connoît les corps, & en général tous les objets extérieurs.

Et premiérement, pour les connoître, il faut que les organes ſoient diſpoſés, que les ſens n'aient jamais ſouffert ni affoibliſſement ni diminution. Mais cela même, quoiqu'il ſoit abſolument néceſſaire, ne découvre encore que la ſuperficie de la matiere, que ſa premiere enveloppe. Il faut quelque choſe de plus, il faut que la raiſon vienne au ſecours des ſens, qu'elle les corrige, les redreſſe. Leur emploi eſt de multiplier les obſervations, & de les multiplier ſans ceſſe: le ſien eſt de recueillir ces obſervations, de les comparer les unes avec les autres, d'en tirer des conſéquences heureuſes, & d'élever ſur ces conſéquences un bâtiment ſolide, & qui réſiſte aux attaques qu'on pourroit lui porter.

C'eſt donc aux obſervations multipliées qu'eſt dû le progrès de la Phyſique. Plus on en raſſemblera, & plus elle verra augmenter ſes richeſſes, & aggrandir ſon domaine. Mais pour bien faire ces obſervations, il eſt à propos que tous les ſens y concourent, que l'un ſupplée à ce qui échappe à l'autre. Par ce moyen on

forcera, pour ainſi dire, les corps à ſe développer : on les examinera de tant de façons différentes, qu'enfin ils ne pourront plus garder le mot de l'énigme. Qu'on me permette de confirmer tout ceci par un exemple.

Je préſente une montre à quelqu'un qui n'en a jamais vu, mais qui ſe plaît aux ouvrages de méchanique. Quel ſera ſon premier ſoin ? de tourner cette montre de tous les côtés, de conſidérer la boîte de métal où elle eſt renfermée, d'en admirer la ciſclure : venant enſuite à la glace qui couvre le cadran, il examinera l'aiguille qui ſe meut deſſous en rond & d'une maniere uniforme : il la verra marquer ſucceſſivement divers nombres, qui ſont à égale diſtance les uns des autres. Mais quelle cauſe fait mouvoir cette aiguille ? Les yeux n'en diſent rien. Il approchera donc la montre de ſon oreille, & il entendra un bruit ſourd, tel que celui d'un reſſort qui ſe détend peu-à-peu. Il ſentira de plus ſous ſes doits l'action vive & renouvellée de ce reſſort. Soulevant enfin cette montre avec la main, il s'appercevra que ſon poids n'eſt point en raiſon réciproque de ſon volume, & il en conclura que dans l'intérieur il doit y avoir du vuide ou des parties détachées les unes des autres, comme des roues apparemment de cuivre portées ſur des eſſieux de fer, que le reſſort fait mouvoir, & qui à leur tour font mouvoir l'aiguille. C'eſt ainſi que les connoiſſances s'acquierent en détail, & qu'à force d'interroger la Nature, on parvient à lui enlever quelqu'un de ſes myſtérieux problêmes.

Je dois convenir cependant qu'il y a des propriétés générales qui ſe retrouvent dans tous les corps, les unes, à la vérité, toujours les mêmes, les autres avec quelque changement. Ces propriétés, qui doivent guider tout Phyſicien dans les recherches laborieuſes qu'il fait au ſujet des corps, ſont l'étendue, l'impénétrabilité, le mouvement, le repos, la configuration, la gravité, l'attraction, l'inertie ou cette force paſſive par laquelle la matiere demeure d'elle-même dans l'état où elle eſt, & n'en ſort jamais qu'à proportion de la puiſſance contraire qui agit ſur elle. Je n'examine point ici ni la maniere dont ces propriétés réſident dans les corps, ni comment ils s'attirent, ni comment ils peſent les uns vers les autres : il ſuffit que ce ſoient des faits avérés, des eſpeces de points fixes, d'où il faut partir pour arriver aux autres

faits qui en dépendent par des combinaiſons infinies.

Mais ces propriétés ſont-elles les ſeules qui réſident dans les corps ? Ne peut-on leur en aſſigner d'autres d'un genre ſupérieur ? C'eſt ſur quoi nous ne pouvons décider, nos connoiſſances ſe trouvant là bornées, & la raiſon ne pouvant nous conduire juſqu'à l'eſſence de la matiere.

Les Philoſophes qui ont ſuivi les principes de *Deſcartes*, mettoient cette eſſence dans l'étendue, & croyoient en pouvoir déduire les autres propriétés des corps. Mais depuis qu'on a prouvé l'exiſtence & la néceſſité du vuide, il a fallu joindre à l'étendue l'impénétrabilité. Ceux qui ont depuis examiné les choſes de plus près, n'ont pas trouvé ces deux propriétés plus eſſentielles aux corps, que la force motrice, & celle qui lui eſt contraire, l'inertie. On peut dire la même choſe des autres propriétés que j'ai nommées ci-deſſus, ou de celles qu'on pourra découvrir dans la ſuite, & qui ſeront peut-être doubles ou triples de celles qu'on connoît aujourd'hui. Car enfin, ſi nous ſommes plus éclairés que nos Ancêtres ne l'ont été ſur la nature des corps, il y a apparence que nos deſcendans le ſeront encore plus que nous.

Je ſuppoſe qu'ils cultivent la Philoſophie expérimentale avec la même ardeur & le même goût qu'on la cultive depuis quarante ans, en Angleterre, ſous les auſpices du Chancelier *Bacon*, du Chevalier *Robert Boyle*, & de l'illuſtre M. *Newton*; en Italie, ſous les auſpices de *Galilée*, de *Torricelli*, & des autres Phyſiciens qui compoſoient l'Académie *del Cimento* à Florence; en Allemagne, ſous les auſpices d'*Otton de Guericke*, de *Jean Chriſtophle Sturmius*, Profeſſeur de Philoſophie à Altorf, & du Savant M. *Wolfius*, à qui l'on doit un excellent Cours de Mathématique; en Hollande, ſous les auſpices de MM. *Huygens*, *Nieuwentyt* & *s'Graveſande*; en France, ſous les auſpices du Pere *Merſenne*, du célebre *Blaiſe Paſcal*, de MM. *Mariotte*, *Amontons*, *la Hire*, & des autres grands Hommes qui ont formé l'Académie Royale des Sciences, ou qui lui donnent aujourd'hui un nouvel éclat.

Je n'entreprendrai point de détailler ici les richeſſes que la Philoſophie expérimentale a acquiſes ſous d'habiles Maîtres, & qu'elle acquiert encore tous les jours. J'avertirai ſeulement qu'on ne doit point confondre avec eux trois ſortes d'Auteurs qui pa-

roiſſent avoir couru la même carriere : les uns crédules à l'excès, & qui ſe chargent ſans diſcernement de mille bruits vagues & populaires ; les autres d'une hardieſſe à tout oſer, & qui rapportent des faits qu'ils n'ont qu'entrevus, qu'ils n'ont qu'effleurés ; les autres enfin qui pour ſe donner je ne sais quel air de merveilleux, ſuppoſent des expériences que jamais ils n'ont faites, & qu'ils accompagnent de circonſtances vaines & myſtérieuſes pour empêcher qu'on ne les puiſſe vérifier dans la ſuite. Et à cette occaſion je remarquerai que, ſi l'on doit ce reſpect aux Sociétés littéraires de s'en rapporter aux expériences qu'elles donnent pour vraies & conſtantes, on ſe doit à ſoi-même la ſatisfaction de répéter les mêmes expériences, ſi non en détail, du moins en ce qu'elles renferment d'eſſentiel & de déciſif, ne fût-ce que pour acquérir la facilité d'en pouvoir faire de ſon chef ſur des ſujets analogues, ou même ſur des ſujets nouveaux.

Mais n'y a-t-il point quelqu'art qui puiſſe guider ceux qui veulent s'appliquer à ce travail ? N'y a-t-il point des regles qu'ils doivent ſuivre, des loix générales qu'ils doivent obſerver ? Sans doute ; & c'eſt ce que je vais développer par des conſéquences ſimples, & tirées les unes des autres.

I. Il paroît que les ſens n'ont été donnés à l'homme que pour l'avertir ſans ceſſe de veiller à la conſervation de ſon corps, en recherchant les objets proportionnés à ſes facultés naturelles, & en évitant ceux qui pourroient leur être nuiſibles. Auſſi ont-ils pour ce double uſage toute la diſpoſition méchanique qu'ils doivent avoir : ce qui ſuffit au détail ordinaire de la vie. Mais à l'égard des Philoſophes, comme ils veulent toujours aller plus loin que les autres hommes, piqués ſans doute d'un deſir curieux d'approfondir les choſes & de les connoître en elles-même, ils ſont obligés de recourir à divers inſtrumens ménagés avec art, pour perfectionner leurs ſens, pour conduire à quelque choſe de plus fin & de plus déciſif. Et ce ſont ces inſtrumens que la Philoſophie expérimentale doit rechercher, qu'elle doit apprendre à manier adroitement, afin de parvenir au but qu'elle ſe propoſe, & d'y parvenir de la maniere la plus avantageuſe.

En effet, quoiqu'on eût des yeux pour ſe conduire, & pour diſcerner les objets les uns des autres, n'eſt-il pas vrai cependant que les hommes étoient des eſpeces d'aveugles, avant la décou-

verte des microſcopes & des téleſcopes? D'un côté ils ne connoiſſoient le ciel que de vue, ſi j'oſe ainſi parler ; & de l'autre tous ces infiniment petits dont la terre eſt parſemée, échappoient à leurs foibles regards. Des inſtrumens utiles furent enfin inventés, des verres furent taillés ſuivant de certaines regles, & auſſitôt un nouveau monde ſe montra, un monde ignoré juſqu'alors. De la même maniere on reſſentoit autrefois les différentes impreſſions de l'air, comme on les reſſent aujourd'hui : on s'y trouvoit également expoſé. Mais de ſavoir combien un air étoit plus froid, ou plus chaud qu'un autre, plus ſec ou plus humide, plus léger ou plus peſant : c'eſt ce qu'on n'a su que depuis l'invention des thermometres, des hygroſcopes & des barometres. Ces trois inſtrumens nous ont appris tout ce qu'on ſavoit des variations & des changemens de l'air : ce que nos ſens dénués de pareils ſecours n'auroient jamais deviné. Et comment ſans le thermometre ſeroient-ils venus à bout dans toute une année, de découvrir quels jours ont été les plus froids, & quels jours ont été les plus chauds, & encore dans ces mêmes jours, à quelle heure le froid ou le chaud ſe ſont davantage fait ſentir? Et comment ſans un barometre, auroient ils connu que plus le tems ſe couvre & ſe diſpoſe à la pluie, plus l'air eſt léger & le mercure bas, & au contraire, que plus le tems devient beau & ſe tourne au ſec, plus l'air eſt peſant & le mercure élevé? Ce double phénomene ne pouvoit être à la portée, ni ſous les yeux des Anciens : & quoique nous y ſoyions familiariſés, il n'en eſt pas aujourd'hui moins difficile à expliquer. Car je ne compte pour rien la ſolution que M. *Leibnitz* a donnée de ce problême, dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de 1711. Elle eſt plus ingénieuſe que ſolide.

II. Mais il ne ſuffit point d'avoir tous les inſtrumens qui peuvent contribuer au progrès de la Philoſophie expérimentale, il faut encore que ces inſtrumens ſoient faits de la main de quelqu'habile Maître ; que les diviſions & les ſubdiviſions y ſoient exactement marquées ; qu'au lieu de pinules, par exemple, on s'y ſerve de lunettes, au lieu de matieres aqueuſes, d'eſprit de vin plus ſuſceptible de compreſſion & de dilatation ; que ces inſtrumens ſoient plutôt grands que petits, ſur-tout ſi c'eſt pour l'Aſtronomie ou la Navigation, plutôt de cuivre que de fer ou

d'acier, à cauſe de l'humidité qui ne manqueroit pas de les rouiller. Au reſte je ne prétends point donner ici un Traité de ces ſortes d'inſtrumens, ils ſe trouvent décrits en pluſieurs Ouvrages, & tous les Phyſiciens ont intérêt de les connoître : je remarquerai ſeulement que faute d'en avoir de juſtes, & même d'excellens, on s'expoſe à des erreurs d'autant plus conſidérables pour la ſuite de ces obſervations, qu'il eſt preſqu'impoſſible de s'en relever. En effet, une premiere chûte donne lieu à une ſeconde, & les deux jointes enſemble, produiſent, comme elles le doivent, une infinité de mécomptes & de ſupputations fauſſes. Plus on avance, ou plus on croit avancer, & plus on s'égare.

Les principales erreurs dans leſquelles ſont tombés les Anciens au ſujet de l'Aſtronomie, à quoi peut-on les attribuer, ſi ce n'eſt aux défauts de leurs inſtrumens? Et ces défauts ſans doute étoient tels, que malgré toute leur attention à bien obſerver, ils ne pouvoient manquer de ſe tromper, tant ſur la préceſſion des équinoxes, & la hauteur du pôle en différens lieux, que ſur les diametres apparens des planetes, & encore ſur la conjonction des planetes inférieures avec le ſoleil. De plus, ils n'avoient point ce ſecours déciſif, & dont l'Aſtronomie peut le moins ſe paſſer: je veux dire qu'ils n'avoient point de lunettes d'approche, inventées au commencement du dix-ſeptieme ſiecle par un Ouvrier Hollandois, nommé *Jacques Metius*, & d'après cet Hollandois, par le célebre *Galilée*, qui vouloit s'en attribuer la découverte, & depuis perfectionnées par les plus habiles Aſtronomes, dont les uns nous ont appris à centrer les grands verres de lunettes, les autres à y appliquer le micrometre, les autres même à ſe ſervir d'un oculaire & d'un objectif en ſe paſſant tout-à-fait de tuyau. Mais à l'occaſion de ces lunettes, M. *Deſcartes* tomba dans une penſée des plus extraordinaires; il crut qu'à force de les perfectionner, en donnant aux verres des figures elliptiques & hyperboliques, avec une grande ouverture, on pourroit enfin parvenir à voir dans Saturne, Jupiter & Mars, des objets auſſi petits qu'on les voit ſur la terre à œil nud. Cette même penſée n'a point déplu à la plûpart des Cartéſiens, préoccupés ſans doute de la Dioptrique de leur Maître. Mais en premier lieu, ils devoient s'appercevoir que ſi les verres elliptiques & hyperboliques ont la propriété de raſſembler les

rayons qui partent du centre d'un objet, & de les réunir en un foyer commun, ils n'ont pas la même propriété de rassembler & de réunir les rayons qui partent des extrêmités de cet objet : & par conséquent ces verres ne peuvent en donner une image distincte & terminée ; ils ne méritent aucune préférence sur les verres circulaires. En second lieu, il y a une preuve sans replique qui s'oppose à cette prodigieuse étendue accordée aux lunettes, c'est la réfrangibilité des rayons de lumiere, d'abord observée par le Pere *Grimaldi*, Jésuite, & ensuite démontrée par M. *Newton* d'une maniere aussi noble qu'invincible. Cette réfrangibilité suppose deux choses; 1°. qu'un rayon simple qui traverse l'air se divise en plusieurs rayons subalternes au moment qu'il passe par un milieu, tel que l'objectif d'une lunette. 2°. Que ces rayons subalternes, teints chacun de sa couleur particuliere, ont différentes réfrangibilités, & forment par conséquent differens angles, qui, quoique très petits, empêchent les rayons de se réunir dans un foyer commun. De-là une confusion inévitable, & une confusion d'autant plus grande que ces rayons, en se rompant, passent par un plus grand nombre de milieux ou de verres.

Le reproche que je fais ici à M. *Descartes*, n'est point certainement pour ternir sa réputation. S'il a échoué contre bien des écueils, porté à cela par une hardiesse d'inventeur, du moins a-t-il ouvert les principales routes, soit dans la Physique, soit dans la Géométrie. Sa méthode est si juste en toutes ces parties, que même pour le décréditer, il faut y avoir recours. Mais reprenons le fil de nos expériences.

Le fameux *Torricelli* s'apperçut le premier que le mercure s'éleve depuis 28 jusqu'à 31 pouces dans un tube de verre fermé hermétiquement par un bout, & plongé par l'autre au milieu d'un bassin rempli aussi de mercure, & que là il se tient en équilibre avec toute la colonne d'air : il s'apperçut ensuite que l'eau montée à 33 ou 34 pieds dans un tuyau fermé exactement par un bout, & plongé par l'autre au milieu d'un réservoir également rempli d'eau, y reste suspendue, & fait équilibre avec la même colonne d'air. Cette double expérience frappa tous les Physiciens, qui la répéterent avec une nouvelle ardeur. Ils découvrirent en même-tems les propriétés du syphon à deux branches

inégales,

inégales, dont la plus connue eſt que ſi on le trempe dans un baſſin rempli d'eau par la branche la plus courte, cette eau s'écoulera entierement par la plus longue. Et la ſeule raiſon qu'on pouvoit apporter de cet effet, étoit celle qu'on apporta, la preſſion de l'air jointe à ſa force élaſtique : d'où l'on tiroit cette conſéquence, que dans le vuide l'eau reſteroit immobile, & ne paſſeroit point d'une branche du ſyphon dans l'autre. Mais les premiers qui voulurent tenter cette expérience, s'étant apparemment ſervis de machines pneumatiques défectueuſes, trouverent le contraire : ce qui rappella tous les doutes diſſipés par *Torricelli*. On commençoit même à vouloir faire revivre l'ancien dogme du Lycée ; mais d'habiles Philoſophes vinrent au ſecours de la vérité méconnue, entr'autres *Burcher de Volder*, Profeſſeur de Philoſophie & de Mathématique à Leyde, & tous ayant conſulté des machines pneumatiques bien purgées d'air, ils virent avec plaiſir ce qu'ils avoient conjecturé d'avance, que le ſyphon, loin de produire aucun effet dans le vuide, y étoit muet, & que l'eau ne paſſoit point d'une de ſes branches dans l'autre. MM. *Homberg* & *s'Graveſande* ont encore mis cette vérité hors de tout ſoupçon.

Voici un autre exemple beaucoup plus frappant, & qui fait voir la néceſſité d'avoir de bons inſtrumens. L'illuſtre M. *Newton* a prouvé dans ſon Traité des couleurs, que les rayons lumineux que répand & darde le ſoleil, ſont compoſés d'autres rayons plus fins qui portent chacun ſa couleur particuliere, & qui ont différens degrés de réfrangibilité, ou différens angles d'incidence. Ces rayons ne ſe démentent jamais : & quoiqu'ils ſoient diverſement rompus, diverſement réfléchis, ils préſentent toujours la même ſorte de couleur, de maniere que le rayon rouge ne ceſſe point d'être rouge, le rayon jaune d'être jaune, le rayon vert d'être vert, &c. Rien n'eſt plus admirable que toute cette théorie de couleurs : & ce qu'il y a encore de plus admirable, c'eſt qu'un priſme de verre ſuffit pour ſe mettre en poſſeſſion de toutes les richeſſes qu'elle offre à l'eſprit. Mais il faut que ce priſme ſoit du plus beau verre, ſans taches, ſans ſoufflures, ſans raies : & pour avoir manqué d'en avoir un de cette qualité, & auſſi pour s'être trop hâté, M. *Mariotte*, qu'on regarde cependant comme un des plus fins Obſervateurs de la

Nature, ne pût jamais parvenir à s'aſſurer des expériences propoſées par M. *Newton.* Il trouvoit toujours les ſept couleurs principales mêlées enſemble, & dans un autre ordre que celui où elles doivent paroître : ce qui l'engagea à donner un nouveau Syſtême des couleurs, qui n'étoit point viſiblement le ſyſtême de la Nature. Aujourd'hui ces expériences ſe font d'une maniere aſſez dégagée, pourvu qu'elles paſſent par des mains adroites, intelligentes, qui ſe piquent de juſteſſe & de préciſion.

III. Je ſuppoſe qu'un Phyſicien ait tous les inſtrumens qui lui conviennent, que de plus ſes inſtrumens ſoient de choix, il faut encore qu'il ſache la maniere de s'en ſervir à propos : ce qui exige beaucoup de connoiſſances délicates, & un art tout particulier de vaincre les obſtacles qui renaiſſent à chaque inſtant. Le pendule de M. *Huygens*, par exemple, doit avoir à Paris trois pieds huit lignes & demie, pour battre une ſeconde à chaque oſcillation, laquelle a pour meſure des arcs de cicloïde, ou ce qui revient au même, de très petits arcs de cercle. Mais deux Obſervateurs, dont l'un iroit vers l'équateur, & l'autre vers le pôle, ſeroient bien ſurpris, le premier de voir ſon horloge à pendule retarder conſidérablement ſur le moyen mouvement du ſoleil, & l'autre de la voir avancer. Que feront-ils donc à l'aſpect de ce double phénomene ? Si on les ſuppoſe inſtruits de cette regle importante, *que des corps égaux qui décrivent dans le même tems des cercles différens, ont des forces centrifuges différentes & proportionnelles aux circonférences des cercles décrits*, ils s'appercevront incontinent, le premier qu'il doit raccourcir ſon pendule, & le ſecond qu'il doit l'allonger. En effet, plus on approche de l'équateur, plus cette force inconnue, qu'on appelle peſanteur, diminue, & cela en raiſon de la force centrifuge qui augmente : & comme elle eſt très petite ſous les pôles, la peſanteur y eſt auſſi très grande. Si donc on laiſſe le pendule dans le même état, on voit que la durée des oſcillations doit devenir d'autant plus longue que la peſanteur diminue, & qu'elle doit devenir d'autant plus courte, que cette peſanteur augmente. Par conſéquent il n'eſt pas moins néceſſaire de raccourcir le pendule en allant vers l'équateur, que de l'allonger en allant vers le pôle.

On voit par le détail de cette expérience, comment on peut

mettre à profit les lumieres qu'on a acquises, & comment elles viennent au secours les unes des autres. Il n'y a point de Navigateur qui ne soit prévenu de la variation de l'aiguille aimantée, & qui ne sache qu'elle décline tantôt plus, tantôt moins, tantôt du côté de l'Est, tantôt de l'Ouest: ce qu'il connoît & détermine par la plus simple de toutes les opérations, je veux dire, par les amplitudes ortives & occases. Mais il seroit bien novice s'il ignoroit 1°. qu'il y a des parages tout-à-fait exemts de variation, & qui se trouvent situés à-peu- près sous un même méridien; 2°. qu'il y en a d'autres où elle est folle, l'aiguille y faisant en moins de vingt-quatre heures tout le tour du compas. Mais d'où peuvent provenir, & ces différences, & tant d'autres qu'on découvre tous les jours: c'est ce qu'apparemment nous ne saurons jamais, la vertu de l'aimant & ses propriétés si singulieres tenant au systême général de l'Univers, où nos foibles recherches n'arriveront point, & qui sera toujours une énigme pour nous. A l'égard des hypotheses, quelque bien travaillées, & quelqu'ingénieuses qu'elles soient, on doit en faire le même cas que font des Fables & des Romans ceux qui aiment la vérité historique.

Mais ces connoissances n'étant que préliminaires, un Observateur doit aller plus loin, & se rendre attentif à tout ce qui l'environne, au lieu, au tems, à la saison, à la force & direction du vent, à l'état même où il se trouve. Car tout cela peut altérer une expérience, & l'altérer de maniere à la faire méconnoître, ou quelquefois à la faire manquer tout-à-fait. Et premiérement, pour ce qui regarde le lieu, on sait que les animaux venimeux ne le sont point également par-tout, & que les plantes dont on tire dans un Pays des sucs empoisonnés, s'emploient dans un autre sans péril. Ainsi, pour faire réussir une expérience, il faut remarquer avec exactitude le lieu où l'on est, & le degré de chaleur qui y regne. Le célebre *François Redi*, par exemple, observe que les morsures des araignées sont très dangereuses en Italie: *morsu virus habent*, dit-il, *& fatum in dente minantur.* Mais en Angleterre, & dans les autres régions froides, ces insectes n'ont presqu'aucun venin, suivant le rapport du savant Naturaliste *Jean Ray*, qui cite même un Curieux de ses amis, lequel s'étant fait une blessure à la main avec la pointe d'une ai-

guille, s'en fit incontinent une autre avec cette aiguille frottée contre les dents d'une araignée. La douleur qu'il ressentit à ces deux blessures fut à-peu-près la même : seulement y eût il un peu plus de rougeur & d'inflammation à la derniere.

En second lieu, le tems, le jour, la nuit, peuvent causer à une expérience des variations infinies. Toutes choses égales, on trouve l'air plus transparent, plus net, après de grandes pluies, qu'en un autre tems ; parcequ'il est alors comme rincé, & les objets se découvrent mieux. De la même maniere, on observe que les réfractions qui changent le lieu apparent de tous les astres, sont plus grandes l'hiver que l'été, & par une conséquence naturelle, plus grandes vers les pôles que sous l'équateur. Mais on se tromperoit fort, si l'on croyoit que la pesanteur de l'air augmente à mesure qu'il devient plus réfractif, plus épais. Effectivement, quoique les réfractions horisontales soient en Suede presque doubles des nôtres, l'air cependant n'y est pas plus pesant, & le barometre de Stokolm se tient au niveau de celui de Paris.

En troisieme lieu, les différentes saisons de l'année changent si fort une expérience, que pour la bien saisir, il faut nécessairement marquer en quelle saison elle a été faite. Qu'on prenne, par exemple, des ressorts d'acier, de petites verges & des lames de fer, on les trouvera l'été, ou pendant le chaud, plus roides, plus difficiles à manier, que l'hiver, ou pendant le froid : de-là concluoit M. *de la Hire*, qu'il vaut mieux suspendre à une soie qu'à un ressort la verge du pendule des grandes horloges ; parceque ce ressort, devenant plus roide l'été, fait ses vibrations plus fréquentes : au lieu que se trouvant plus mou l'hiver, il les fait plus lentes. Qu'on passe ensuite des métaux à la pierre d'aimant, on verra que ses effets sont beaucoup plus sensibles par le chaud que par le froid ; que l'aiguille aimantée est plus mobile & plus active en allant vers l'Amérique, où sa déclinaison est presque nulle, qu'en allant au Cap du Nord ou Nordkyn, & dans la Laponie Danoise. Quelqu'un a ajoûté même que la vivacité de l'aimant est plus considérable pendant le jour que pendant la nuit, & cela proportionnellement au degré de chaleur, qui est toujours moindre la nuit que le jour.

En quatrieme lieu, il y a des occasions où un Observateur doit

avoir égard aux vents qui regnent, à leur force, à leur direction : & principalement lorsqu'il s'agit de déterminer aux nouvelles & pleines lunes la hauteur des marées dans un Port, ou à l'embouchure de quelque grand fleuve. Car si les vents soufflent contre terre, les marées seront beaucoup plus hautes que si ces mêmes vents souffloient à l'opposite, & repoussoient les eaux. On ne peut donc rien décider sur cette matiere, que le tems ne soit calme, & que l'observation n'ait été répétée plusieurs fois de suite. Et puisque j'ai parlé des marées qui font un des principaux objets de la Physique, je dirai qu'il y a toujours une grande différence entre celles du jour & celles de la nuit, & que jamais on ne les voit se rapporter les unes aux autres. Je m'explique. Si le jour de la nouvelle ou pleine lune, la mer à midi monte dans un Port de quinze ou vingt pieds, on peut assurer d'avance qu'elle ne montera point à minuit uniformément, ni même à-peu-près. En effet, s'il se trouve des années où les marées du jour sont plus hautes que les marées respectives de la nuit, il s'en trouve réciproquement où elles sont plus basses. Pour la cause d'un phénomene si singulier, on ne l'a jusqu'ici, ni cherchée, ni découverte : peut-être même est-il absolument ignoré de la plûpart des Physiciens.

En dernier lieu, un Observateur doit s'étudier sans complaisance, & avoir égard à la disposition particuliere où il se trouve. M. Petit, le Médecin, rapporte qu'en maniant un cryſtallin de veau, ce cryſtallin lui paroissoit opaque & comme glaucomatique, toutes les fois que ses mains étoient froides, & au contraire qu'il reprenoit sa transparence, quand ses mains étoient échauffées. Un autre Médecin, fameux pour avoir vérifié sur lui même les expériences de *Santorini*, qui regardent la transpiration insensible, rapporte qu'un homme qui tous les jours se laveroit les mains avec de l'esprit de vitriol, en s'y accoutumant par degrés, pourroit enfin tenir impunément des charbons allumés : non que le feu se dépouillât en sa faveur de l'activité qui lui est ordinaire, mais parceque ses mains, en se cautérisant, deviendroient insensibles. Le corps peut donc acquerir des dispositions particulieres, qui le rendent plus ou moins propre à recevoir les impressions des objets extérieurs : & l'on croira souvent que ce sont ces objets qui changent de nature, quand c'est le corps qui change lui-

même en détail. Un peu d'attention ſuffira pour démeler l'équivoque, & corriger l'erreur.

On demande quelquefois d'où proviennent les ſympathies & les antipathies ; & ſi les regardant comme vraies, on ne pourroit point leur aſſigner une cauſe réelle & effective. Pour éclaircir cette queſtion, qui a ſa difficulté, je conſidere les nerfs ou les filets nerveux dans le corps humain, comme ſi c'étoient autant de cordes tendues & ſuſceptibles du moindre ébranlement. Ces cordes tranſmettent à quelque partie du cerveau (on ne l'a point encore déterminée) l'impreſſion plus ou moins vive que les objets extérieurs font ſur les ſens : & alors l'ame ſe trouve émue, & affectée de telle ou telle modification, qu'il n'eſt point du tout à ſon choix de refuſer, ni même d'affoiblir, pour lui en ſubſtituer une autre. Cela étant, ſi on admet deux hommes, dont les filets nerveux ſoient également tendus, ils s'approcheront d'autant plus volontiers l'un de l'autre, que la même ſuite d'objets les frappera non-ſeulement, mais les frappera encore du même biais. De-là des goûts, des mœurs, des préjugés analogues : de-là deux hommes à l'uniſſon. Tout le contraire arrive quand les nerfs ſont inégalement tendus. On ſe fuit, on ſe déplaît, on héſite à ſe lier & à s'accorder enſemble. Toutes les inclinations, toutes les humeurs paroiſſent différentes & oppoſées.

IV. Les principaux obſtacles qui pourroient faire manquer une expérience ainſi levés, reſte à procéder à l'expérience même. Mais avant toutes choſes, il faut ſe former une idée diſtincte de ce qu'on cherche, & de ce qu'on veut trouver. Car il arrive ſouvent que pluſieurs ſe donnent des peines infinies, qu'ils ſe conſument en frais qui les gênent, ſans viſer à aucun objet fixe & certain, du moins ſans le trop connoître. Tels ſont ces prétendus Chymiſtes qui aſpirent à la tranſmutation des métaux, à la pierre philoſophale. Demandez-leur s'ils ſavent quelle eſt la tiſſure intime de ces métaux, quelles ſont les parties intégrantes qui les compoſent ; dans quels principes ils ſe flattent de les réſoudre. Vous verrez à leur embarras l'excès de leur ignorance. Que cherchent-ils donc ? un eſprit univerſel, une ſemence métallique, un feu élémentaire, à quoi ils réduiſent toute la Phyſique. Mais qui leur a dit qu'il y a dans la Nature un tel eſprit, une telle ſemence, un tel feu ? Leur unique recours ſera le ſi-

lence opiniâtrement gardé. Tels ſont encore ces prétendus Méchaniciens, qui ſe propoſent de trouver le mouvement perpétuel. Ils ignorent apparemment que dans toute machine il y a un centre de gravité commun, autour duquel les différentes parties de cette machine ſe trouvent tellement balancées, que leur force vient à s'y réunir toute entiere : & quand il arrive que ce centre de gravité eſt auſſi bas qu'il le peut être, ſans avoir la liberté de deſcendre davantage; alors toutes ces parties doivent s'arrêter, alors il n'y a plus de mouvement.

Un autre défaut où tombent la plûpart des Philoſophes prévenus d'un ſyſtême, c'eſt de s'imaginer voir ce qu'en effet ils ne voient pas; c'eſt de ſe perſuader follement que par tout ſe rencontrent les objets de leur complaiſance, ou pour mieux dire, de leur préoccupation. Les Académiciens de Florence, par exemple, voulant prouver que la chaleur ne conſiſte que dans une agitation violente des parties les plus ténues du corps échauffé, ſans aucune addition de matiere étrangere, aſſûrent que des lames d'acier rougies au feu peſent moins que lorſqu'elles ſont refroidies. Ils ajoûtent même qu'ils en ont fait l'expérience. Mais quelle que ſoit l'autorité de ces Académiciens en Phyſique, on peut dire que cette expérience eſt autant à rejetter, que la raiſon qu'ils en donnent. Véritablement des lames d'acier rougies au feu peſent plus que les mêmes lames refroidies : ce qui convient à l'idée qu'on doit avoir du feu, lequel eſt un fluide d'une nature particuliere, & compoſé de molécules très rapidement mus. Or ce fluide ne peut agir ſur des corps & les pénétrer intimément, en les diviſant & ſubdiviſant à l'infini, ſans augmenter leur poids, & l'augmenter d'une maniere qui ſoit ſenſible, qui frappe. Et non-ſeulement un pareil effet ſe remarque dans les corps expoſés au feu, mais encore dans ceux qu'on préſente aux rayons du ſoleil, & qui en étant imbibés, deviennent plus peſans.

L'opinion Cartéſienne qu'il n'y a point de vuide, & que s'il y en avoit, tout le méchaniſme de la Nature ceſſeroit, & ne pourroit point s'exécuter : cette opinion, dis-je, a dérangé bien des expériences, en les laiſſant porter à faux. Les uns ſe ſont imaginés que les corps qui ont du reſſort, le perdent tout-à-fait dans le vuide, & autant les corps à reſſort parfait, que ceux qui par leur propriété naturelle ſe compriment & ſe dilatent alternativement.

Mais le contraire a depuis été ſi bien prouvé, qu'il n'eſt plus déſormais beſoin de recourir à je ne ſais quelle matiere ſubtile pour expliquer les effets du reſſort ; la force attractive dont les corps ſont doués, & cela à proportion de la matiere réelle qu'ils contiennent, étant plus que ſuffiſante pour expliquer ces effets. Les autres ont prétendu qu'un rayon de lumiere, en paſſant du vuide dans l'air, ne ſouffre aucune réfraction, & qu'il traverſe deux milieux de caractere ſi différent en ligne droite. Cependant l'inverſe de cette propoſition étoit ſi aiſée à vérifier, que je m'étonne qu'on ait pu s'y méprendre. Et d'ailleurs les réfractions céleſtes ne montroient-elles point aſſez que les rayons ſe rompent, en paſſant non-ſeulement de la matiere éthérée dans notre atmoſphere, mais encore d'un air moins groſſier dans un autre qui le ſeroit davantage ? Sur cela, nulle difficulté parmi les Aſtronomes.

Quoique le meilleur moyen de réuſſir dans une expérience ſoit de bien ſavoir ce que l'on cherche, & de le chercher avec un eſprit pur & détaché de toute prévention : on ne laiſſe pas dans le cours de l'expérience de découvrir de certaines choſes à quoi l'on ne penſoit nullement. M. *Picard*, travaillant ſur ſon barometre, fut très ſurpris de voir que ſecoué dans l'obſcurité, il donnoit de la lumiere. Auſſi-tôt tous les Phyſiciens à qui le fait fut communiqué, éprouverent les leurs : mais comme il s'en trouva très peu qui euſſent le meme privilege, la choſe s'aſſoupit, & on n'en parla plus. Environ 30 ans après M. *Bernouilli* ſe mit à examiner ſon barometre ; & l'ayant trouvé lumineux, il fit des réflexions très fines & très ingénieuſes, telles en un mot qu'il les ſait faire. Il n'y a plus aujourd'hui de difficulté : & pourvu qu'on ait un tuyau entierement vuide d'air, & que le mercure ſoit purgé de toute matiere hétérogene, on pourra compter ſur un barometre lumineux.

V. L'expérience étant faite, pour peu que l'Obſervateur ſoit délicat ſur ſon travail, il la recommencera, ſoit en tout, ſoit en partie, crainte d'avoir omis quelque circonſtance importante, quelque point eſſentiel, & auſſi pour s'aſſurer s'il a vu chaque choſe dans ſa place préciſe, & de la maniere qu'elle demandoit à être vue. L'excellent Chymiſte qui a fait tant d'obſervations au miroir ardent, avoit dit que tous les métaux s'y vitrifioient,

&

& particulierement l'or. Le fait même ſur ſa déciſion paſſoit pour conſtant en Phyſique. Mais d'autres Philoſophes ont depuis avoué ſans crainte, qu'ayant remanié les expériences annoncées par le Chymiſte, elles ne leur avoient point réuſſi, & que non-ſeulement ils n'avoient pu parvenir à la vitrification de l'or, mais encore du plomb, quelque tems qu'ils y euſſent employé. Que conclure de ce double aveu, ſi ce n'eſt que pour n'avoir plus aucun doute ſur des expériences d'une certaine diſtinction; il faut qu'elles aient été répétées pluſieurs fois de ſuite, & par des mains aguerries & ſavantes? Telles étoient ſans doute celles de MM. *Hughens* & *Mariotte*, à qui l'on doit de ſi neuves obſervations ſur la force des corps en mouvement. Cependant il eſt certain que ces deux grands hommes ſe ſont trompés, en croyant que la meſure de cette force étoit le produit de la maſſe par la vîteſſe: au lieu que c'eſt conſtamment le produit de la maſſe par le quarré de la vîteſſe, ainſi que l'ont fait voir toutes les obſervations poſtérieures, qui diſtinguent la force vive ou celle qui réſide dans un corps mû uniformément, de la force morte, ou de celle que reçoit un corps ſans mouvement, lorſqu'il eſt preſſé & ſollicité de ſe mouvoir.

Quoi qu'il en ſoit, voici un exemple frappant de l'art avec lequel une expérience doit être répétée. L'ingénieux Chevalier *Boyle* voulant connoître le rapport que la Nature a mis entre l'air & la flamme, eut recours à la matiere, qui de toutes s'allume le plus aiſément, je veux dire, à la poudre à canon. Il en renferma dans le récipient de ſa machine pneumatique, dont il pompa tout l'air, & y mit enſuite le feu, pour voir s'il y auroit flamme, exploſion & bruit. D'abord il y mit le feu avec une méche ordinaire; ce qui n'ayant point eu le ſuccès qu'il en attendoit, il employa les rayons du ſoleil, tantôt réunis dans un verre ardent, tantôt réfléchis par un miroir de métal. La poudre étoit tantôt éparpillée, tantôt raſſemblée en un monceau. Non content de ces premieres tentatives, M. *Boyle* en fit de nouvelles, & toujours dans le vuide. Il prit un morceau de fer rouge ſur lequel il jetta des grains de poudre: enfin ayant choiſi un globe de verre où il y avoit auſſi de la poudre renfermée, il ôta tout l'air de ce globe, & le plaça entre des charbons ardens. Le réſultat de toutes ces expériences fut différent. Une fois la pou-

dre se fondit en jettant beaucoup de fumée : une autre fois le le soufre s'alluma, sans que les deux autres matieres qui y étoient incorporées en souffrissent : une autre fois les grains prirent feu, mais séparément : la derniere fois enfin toute la poudre s'enflamma avec explosion & détonnation.

Il est aisé de voir par la suite de ce procédé, de quelle maniere un Observateur habile saisit une expérience, & de combien de façons différentes il la sait tourner. Plein de ressources, il arrive sûrement au but, quelques obstacles qu'il rencontre sur sa route. Au reste, ces ressources supposent un génie d'invention qui n'est pas ordinaire, & dont toutes les Sciences profitent également. M. *Cassini*, par exemple, à qui le ciel étoit si familier & si bien connu, sachant combien il est difficile d'avoir les parallaxes des planetes; parcequ'il faut des observations faites dans le même tems en des lieux très éloignés, imagina une autre méthode où un seul Observateur suffit; parcequ'une étoile fixe tient lieu d'un second. De même ce grand Astronome, donnant au Public ses Ephémérides des Satellites de Jupiter, calculées sur le méridien de Paris, y établissoit en quelque maniere un Observateur perpétuel, avec qui tous les autres n'ont qu'à correspondre, en comparant le tems de leurs observations avec le tems où ces mêmes phénomenes ont été marqués pour cette grande Ville.

Après tout, il y a des expériences d'un certain caractere qu'on est obligé nécessairement de répéter, quand même on seroit assuré de les avoir bien faites. Témoin celles qui regardent la pesanteur & la légéreté de l'air, son humidité & sa sécheresse. Tout cela ne change-t il point à mesure que les saisons changent, & même plusieurs fois dans une seule saison ? Témoin encore celles qui regardent les corps électriques, dont le nombre augmente chaque jour, & devient plus considérable. Ces corps n'ont point en tout tems une égale électricité : on voit & qu'elle augmente, lorsque l'air est sec, & qu'elle diminue lorsque l'air est humide. L'aimant lui-même paroît sujet à quelque chose de semblable. Il est tantôt plus vif & tantôt plus mou; il forme tantôt un plus grand tourbillon de limaille d'acier autour de lui, & tantôt un moindre : ce qui influe encore sur les aiguilles aimantées, que les Navigateurs trouvent quelquefois si paresseuses à la mer, qu'ils n'osent presque s'y fier, & ne savent quel parti prendre.

Les mêmes Navigateurs obſervent une choſe qui n'eſt pas moins ſinguliere : c'eſt que les vaiſſeaux qui ont leurs voiles déployées, marchent mieux en général la nuit que le jour. La différence en eſt même aſſez ſenſible, pour avoir été remarquée. Mais quelle raiſon peut-on offrir d'un effet ſi biſarre en apparence ? La voici, ce me ſemble. L'humidité de l'air pendant la nuit mouillant inſenſiblement les voiles, enfle & groſſit les fils, dont les divers entrelaſſemens compoſent leurs chaînes & leurs trames, & en les groſſiſſant, elle les rapproche les uns des autres. Par ce moyen les voiles deviennent plus étanchés, & préſentent au vent une ſurface curviligne, dont toutes les parties ſont contiguës. Si l'on regarde maintenant le vent comme un amas de petits filets paralleles qui viennent frapper contre la voile, on verra qu'aucun de ces filets ne doit ſe perdre : au lieu que, quant elle eſt ſeche, pluſieurs paſſent au travers, & ne produiſent aucun effet ſenſible. Auſſi les habiles Navigateurs mouillent-ils ſouvent leurs voiles lorſque le tems eſt ſec : & les Hollandois ont même pour cela des pompes portatives, & d'un uſage très commode, avec leſquelles ils rafraîchiſſent leurs voiles hautes, les huniers & les perroquets.

VI. Bien des gens demanderont ici, mais avec plus de faſte que de ſincérité, plus de hauteur que de jugement, ſi une expérience, quelqu'utile & quelque brillante qu'elle ſoit, mérite toutes les attentions laborieuſes que j'ai exigées qu'on eût pour elle. A cela ma réponſe eſt prête. Il n'y a point d'occupation plus digne d'un homme qui sait penſer, & qui en a le loiſir, que la recherche de la vérité. Elle lui offre chaque jour de nouveaux charmes, de nouveaux agrémens : & il ne manque point de trouver dans ſa découverte des plaiſirs d'autant plus vifs, qu'ils ſont plus nobles, plus démêlés. C'eſt l'eſprit lui-même qui en juge, & qui les reſſent. M. *Deſcartes* avoue, dans ſon excellente méthode, *qu'ayant fait une revue ſur les diverſes occupations qu'ont les hommes en cette vie, pour tâcher à faire choix de la meilleure, il penſa qu'il ne pouvoit mieux faire que de continuer en celle-là même où il ſe trouvoit, c'eſt-à-dire, que d'employer toute ſa vie à cultiver ſa raiſon, & s'avancer autant qu'il pourroit en la connoiſſance de la vérité.* Ce ſyſtême établi, peut-on ſe plaindre des peines & des inquiétudes attachées au détail d'une expé-

rience qui eſt aſſez avantageuſe pour nous conduire à la découverte de quelque vérité? Quelle ſatisfaction ne goûte-t-on pas, quand après une analyſe ſubtile, une préciſion ſcrupuleuſe, on a le bonheur de parvenir au but, & d'arracher à la Nature ſon ſecret? Oui, je le ſoutiendrai hautement, & ſans crainte d'être démenti par les connoiſſeurs, rien n'égale, rien ne peut égaler cette ſatisfaction.

Archimede ſortit autrefois du bain, en criant: *Je l'ai trouvé! je l'ai trouvé!* Il cherchoit depuis long-tems une propoſition déciſive ſur l'alliage des métaux, & cela par rapport à un larcin dont ſe plaignoit *Hieron*, Tyran de Siracuſe. Combien de Modernes occupés de ſpéculations plus ſublimes, auroient été par conſéquent plus en droit de dire: *Je l'ai trouvé! je l'ai trouvé!* Un M. *Newton*, en offrant au Public ſon admirable Traité des Couleurs, un M. *Hughens*, en lui offrant ſon Livre de *Horologio oſcillatorio*; un M. *Caſſini*, en lui offrant ſes Ephémérides des Satellites de Jupiter; un M. *de Réaumur*, en lui offrant ſon double Art, & d'adoucir le fer fondu, & de convertir le fer forgé en acier? Tous ces habiles Obſervateurs (j'en paſſe pluſieurs autres ſous ſilence) ont eu l'adreſſe de concilier heureuſement ce que demande la Phyſique, le neuf & l'utile. Le neuf frappe les eſprits attentifs; l'utile ſert à faire paſſer dans le commerce de la vie les richeſſes littéraires, qui ont été acquiſes dans un Cabinet ſavant.

VII. Tout ce que j'ai avancé juſqu'ici ne regarde proprement que la théorie des expériences: reſte à appliquer cette théorie à la pratique, je veux dire, d'en faire uſage par rapport aux trois regnes qui conſtituent la nature des choſes, le végétal, le minéral & l'animal. Aucun de ces trois regnes n'a été épuiſé; & quoique notre ſiecle ſoit très porté à ſe flatter, même ſur les moindres apparences, on peut ſoutenir hardiment qu'aucun ne le ſera jamais. En effet, les bornes de l'eſprit humain ſont ſi étroites, qu'il ne peut ſaiſir le moindre objet, ſans le décompoſer auparavant. Et que lui arrive-t-il en le décompoſant? de n'en voir les parties que les unes après les autres, que les unes ſéparées des autres, & d'ignorer abſolument leur emboîture naturelle, & ce que les Peintres & les Architectes nomment ſi bien le tout enſemble. C'eſt même faute d'y pouvoir arriver, que preſque toutes les

causes finales nous échappent, ou du moins que nous ne prenons pour causes finales que ce qu'une imagination tantôt retrécie par nos besoins, tantôt enflée par notre orgueil, nous force de regarder comme telles.

Il y a plus; si nous avons aujourd'hui l'avantage de nous trouver sur les bonnes voies, si nous nous sommes familiarisés avec quelques principes de la véritable Philosophie, avouons-le sincerement, ce n'a point été sans peine, sans contradictions, sans nous être long-tems égarés. Quand après une longue barbarie, les Sciences se renouvellerent de proche en proche, & se rétablirent dans toute l'Europe, on crut ne pouvoir mieux faire que de déterrer les Ouvrages des Anciens, de les orner de gloses & de Commentaires, de prendre la teinture de leur esprit: on les admira par conséquent, & sans doute avec trop d'excès. Mais bientôt s'offrirent des hommes hardis & singuliers dans leur maniere de penser, qui soutinrent qu'il falloit les dédaigner comme indignes de toute créance. On les dédaigna donc sur leur parole, & sans doute avec un pareil excès: on ne respira plus que le nouveau. Mais que nous donnerent-ils, ces hommes d'ailleurs très estimables, à la place des Ouvrages des Anciens? Des systêmes, des hypotheses, des suppositions arbitraires, des Romans plus ingénieux en apparence, que réels au fond. La chose frappa enfin ceux mêmes qui y étoient les plus intéressés: ils virent que pour savoir arranger des raisonnemens de caprice sur les principaux effets de la Nature, ils n'en connoissoient pas mieux la Nature dans son intérieur, dans ce qu'elle a de profond & d'enveloppé. Il fallut donc revenir en quelque maniere sur ses pas, & avouer que les Anciens n'avoient pas tant de tort qu'on cherchoit à leur en donner; que s'ils s'étoient mépris en beaucoup de choses, ils en avoient connu beaucoup d'autres: ce qui est à-peu-près la condition des hommes, en quelque siecle qu'ils vivent. Une derniere ressource se présenta, & on la prit: ce fut de cultiver la Philosophie expérimentale, sans s'embarrasser d'aucun systême; de recueillir des faits bien avérés & bien certains, de faire des expériences en grand nombre, & de les varier de toutes les manieres possibles; enfin de demeurer convaincu qu'il restera toujours plus de choses à découvrir que n'en découvriront jamais les génies les plus pénétrants. On croyoit il

y a un demi-siecle avoir suffisamment approfondi la Nature, quand on avoit lu la Physique de *Rohault*, ou celle de *Régis*, en y ajoûtant de surcroît les Principes de la Philosophie de *Descartes* : aujourd'hui tous ces vastes recueils qui sont sortis des différentes Académies de l'Europe, ne peuvent passer que pour des préliminaires. Loin de se féliciter en les étudiant, qu'on verra le bout de la Physique, les plus habiles jugent qu'elle n'a point de bout, qu'elle est inépuisable.

VIII. On appelle lieux en Géométrie certains espaces déterminés, où peuvent se construire toutes les courbes, qui, quoique différentes par la variation de quelques grandeurs, sont néanmoins assujetties à la même loi générale. Ne pourroit-on pas appeller également lieux en Physique les trois regnes, qui, unis ensemble, constituent la nature des choses, & qui renferment tous les corps que nous connoissons, malgré les apparences trompeuses qui les déguisent quelquefois à nos yeux? Ces trois regnes sont le végétal, le minéral, & l'animal, qui à leur tour se subdivisent en plusieurs classes subalternes. Mais comme ces subdivisions n'ont été faites que les unes après les autres, & souvent même au hasard, il faut, pour les démêler, beaucoup de travail & de peine : il faut entrer dans un détail prodigieux. Tel qu'il est cependant, on s'y plaît, on s'y attache, parceque l'instruction ne va gueres sans quelque plaisir, quelqu'agrément.

Je suppose d'abord qu'un Observateur soit instruit en gros des différentes classes qui composent chaque regne; qu'il sache, par exemple, à quel genre & à quelle espece il doit rapporter une plante, un métal, une marcassite, un fossile, un coquillage, un insecte; qu'il ait du moins parcouru les principaux Auteurs qui en ont traité, & sur-tout ceux qui ont examiné les choses par eux-mêmes. De cette connoissance générale, il descendra plus facilement à des connoissances particulieres : il verra ce qui a échappé aux autres, & il le verra d'une maniere utile.

Je suppose en second lieu que cet Observateur ait une idée claire & distincte de ce qu'il cherche, de ce qu'il a envie de trouver. Par exemple, c'est un corps très mince & très délié dont il veut découvrir jusqu'aux plus petites parties; c'est une graine, une semence, où il veut démêler les premiers traits, & comme

l'esquisse de la plante, qui doit dans la suite croître & végéter; c'est un insecte dont il veut appercevoir la trompe, les yeux, les antennes, les petits poils, les taches différemment colorées. Pour cet effet, il aura recours à une forte loupe : & si elle ne suffit point à son gré, il prendra un microscope, il l'ajustera; il s'y collera, pour ainsi dire : mais que ce soit avec sagesse, prudence & dextérité; car il n'arrive que trop souvent qu'on se fait à soi-même illusion, & qu'on s'imagine voir ce qu'on ne voit point en effet. Témoin *Leuwenhock*, qui, pour se conserver la réputation d'avoir les meilleurs microscopes, publioit souvent, par vanité, des observations rares & frappantes, mais captieuses, & qu'on n'a pu vérifier depuis. Témoin encore M. *Joblot*, Professeur Royal en Mathématiques, dont l'exactitude n'a point tenu contre l'envie de trouver dans quelques-unes des infusions qu'il préparoit, des animaux portant un masque à face humaine. Et à ce sujet, je remarquerai que *Swammerdam* s'est beaucoup diverti de *Goedaert*, & de quelques autres Naturalistes qui ont représenté des féves ou crysalides par où passent les chenilles pour devenir papillons, avec des traits si réguliers, qu'on peut légitimement soupçonner ces Auteurs d'avoir plus donné à leur imagination qu'à la vérité de l'objet; d'avoir plus cherché à plaire qu'à instruire.

Quelquefois un Observateur n'a besoin que de connoître les qualités extérieures du corps qui lui est présenté, que de saisir un certain je ne sais quoi qui lui est propre; & alors ses yeux, ses mains, l'odeur, le goût, le toucher lui suffisent. On m'apporte différentes sortes d'huiles, essentielles & non essentielles : je verse dessus de l'esprit de nitre, pour voir quel effet il s'ensuivra. Les unes prennent feu avec grand bruit & explosion; les autres font seulement du bruit, mais sans explosion, sans prendre feu; les autres enfin restent tranquilles, & ne produisent ni explosion, ni bruit, ni effervescence. Je m'assure bien de tous ces faits, j'y appelle des témoins : il ne s'agit plus que d'en trouver la cause. De la même maniere je veux savoir si un corps est sonore, si un autre est électrique. Guidé par l'amour de la vérité, & crainte de méprise, je demande d'abord en quoi consistent ces deux qualités? Le son, me répondent les Philosophes, dépend, non du mouvement total qu'on donne à un corps, mais du frémissement

& de l'agitation que reçoivent ſes plus petites parties. Miſes en reſſort, elles doivent heurter les unes contre les autres, & en heurtant, s'ébranler, ſe mouvoir plus ou moins vîte. Sur cela, j'examine le corps que j'ai entre les mains : je vois s'il rend quelque ſon, & ſi ce ſon eſt grave ou aigu, c'eſt-à-dire, ſi dans le même eſpace de tems il fait un plus petit ou un plus grand nombre de vibrations : enfin je termine mon expérience.

A l'égard de la force électrique, il y a ſur ſon ſujet deux remarques à faire. L'une, qu'elle eſt différente de la force attractive ou de la gravitation, qui agit proportionnellement à la quantité de matiere que renferme chaque corps, enſorte que le ſoleil, centre de toutes les planetes, les attire toutes en raiſon directe de leurs maſſes combinées avec leur éloignement. L'autre, que cette force électrique qui agit quelquefois à une très grande diſtance, a beſoin pour ſe développer dans les corps où elle réſide, & que ces corps éprouvent un rude frottement, & qu'on les ait long-tems échauffés, du moins avec la main : ce qui n'eſt point néceſſaire pour la gravitation, qui ne ceſſe jamais, & ne peut ceſſer d'agir. Au reſte, le nombre des corps électriques eſt prodigieux. Il comprend toutes les réſines molles qu'on tire des végétaux, tous les bitumes qu'on tire des foſſiles, toutes les pierres dures & tranſparentes, toutes les ſortes de verres, toutes les matieres ſoyeuſes, les crins, les poils, les cheveux de quelqu'animal que ce ſoit, enfin les plumes & le duvet des oiſeaux.

IX. Mais ce qu'un Obſervateur a le plus ſouvent intérêt de connoître, c'eſt la ſtructure organique des corps, c'eſt leur méchaniſme ſecret, & dont les yeux ne peuvent être Juges. Pour cela : il doit tâcher de réduire ces corps en leurs parties élémentaires, intégrantes, & comme la choſe eſt communément impoſſible, en des parties auſſi petites que l'Art le ſouffre & le permet. Différens moyens y ſont propres, & les Phyſiciens les emploient tour-à-tour, ſuivant l'occaſion & les beſoins particuliers.

Il y a des corps qu'il faut briſer ſous le marteau, ou triturer entre deux meules, ou même légérement concaſſer : ſans quoi l'on ne pourroit appercevoir la compoſition de leurs parties intérieures, ni la direction de leurs fibres. Tels ſont à-peu-près tous

les métaux & minéraux, desquels on peut dire avec vérité qu'il n'y en a que deux proprement qui soient épuisés ; savoir, le fer, par M. *de Réaumur*, & l'antimoine par feu M. *Lemery*.

Il y a d'autres corps qui, sans exiger une plus longue préparation, se résolvent à l'humidité de l'air, ou du moins à l'humidité d'une cave. Tels sont tous les sels, qui non-seulement different par l'impression qu'en reçoit la langue, mais encore qui affectent, chacun en particulier, une figure propre, & qui ne change jamais.

Il y a d'autres corps dont les parties ne se développent que par la putréfaction, comme les graines & les semences qu'on met en terre ; ou par la digestion, comme plusieurs sortes d'écorces & de racines qu'on laisse tremper dans l'eau, afin de disposer leurs parties huileuses à se détacher ; ou par la fermentation, comme les chairs des animaux, leurs dépouilles, leurs excrémens, qui abondent en sels alkalis volatils, & encore comme le moût ou le suc des raisins mûrs qui produit le vin, & autant de différens vins qu'on permet aux parties spiritueuses de nager dans une plus grande ou une plus petite quantité de flegme. Je ne parle point des liqueurs vineuses qui se font de fruits, de fleurs, de semences, de grains fermentés dans l'eau, & dont on peut tirer des esprits ardents & inflammables comme on en tire du vin.

Il y a d'autres corps dont le tissu est plus serré, dont les parties sont jointes plus étroitement les unes avec les autres, & à qui, par une suite naturelle, il faut des menstrues, des dissolvans plus actifs ; tels que des eaux fortes, des eaux aiguisées par des sels, des esprits acides, des huiles éthérées. Mais comme de tous les dissolvans le feu est celui qui a le plus d'activité, & qui résout les mixtes en moins de tems, c'est aussi par le secours du feu que les Chymistes achevent toutes leurs opérations, qu'ils décomposent & divisent les corps, qu'ils en tirent des esprits, des essences, des sels, des soufres, des huiles. Une chose seulement qu'on pourroit reprendre dans ces extraits, & qu'on y a souvent repris, c'est la difficulté de les avoir purs & sans aucun mélange, sans aucune addition de parties ignées. Elles alterent nécessairement tout ce qu'elles touchent, soit en ouvrant trop les premiers principes, soit en s'y incorporant, soit même en les

faiſant changer de nature; par exemple, en donnant aux ſels alkalis la forme & les propriétés des ſels acides, ou en formant un ſel moyen qui ne donne plus de marques ni d'acide, ni d'alkali.

Suppoſé pourtant qu'on ait tiré des végétaux & des animaux, avec toutes les précautions que la fineſſe de l'art demande, des extraits auſſi purs qu'il eſt permis de les ſouhaiter, il faut un nouvel art pour les ſavoir conſerver dans le même état. On voit des huiles éthérées, comme celle de térébenthine, qui ſont d'abord très claires & très limpides, mais qui s'épaiſſiſſent en peu de tems, & deviennent tenaces, à moins qu'on ne les renferme dans des phioles bouchées hermétiquement. La plûpart des ſels volatils que rendent les parties animales, rongent les vaiſſeaux qui les contiennent, & s'échappent au travers de leurs pores, à moins que ces vaiſſeaux ne ſoient d'un verre très épais. Mais ce que rapporte le fameux *Redi* eſt bien plus ſingulier; ſavoir, que pour conſerver en Italie l'eau ſpiritueuſe de canelle, il faut la laiſſer dans les matras & les cucurbites où elle a été diſtillée: au lieu qu'en la verſant dans des fioles de cryſtal, elle s'y trouble & blanchit en peu d'heures, comme du lait; elle jaunit enſuite, & prend un goût d'amandes âmeres. Le même *Redi* ajoûte qu'on fait cependant à Rome & à Veniſe de ces ſortes de fioles, où l'eau de canelle ne ſe trouble & ne blanchit qu'au bout de deux ou trois jours; mais jamais elle n'y jaunit, jamais elle n'y prend aucun goût déſagréable. Toutes ces variétés ſont aſſez bizarres pour avoir mérité d'être curieuſement remarquées.

En France, il ſe trouve auſſi des bouteilles de verre où le vin ne ſauroit ſéjourner ſans y acquérir une qualité malfaiſante. Meſſieurs *Geoffroi* & *du Fay*, de l'Académie Royale des Sciences, ayant examiné d'où pouvoit venir ce défaut, l'ont reconnu après pluſieurs eſſais chymiques; & ils ont établi pour regle certaine, que tout verre diſſoluble par des acides, n'eſt pas propre à faire des bouteilles où l'on veut mettre du vin. M. *du Fay* a encore été plus loin, & il a obſervé que, quelque ſable qu'on emploie, il faut des cendres de branches vertes bien ſechées, pour avoir du verre à l'épreuve de l'acidité du vin, en convenant même de la foibleſſe de cette acidité. C'eſt ainſi que les Arts gagnent, & gagneront toujours, à paſſer par les mains des Philoſophes habiles.

X. Comme l'utilité des Mathématiques eſt aujourd'hui généralement reconnue, & que chacun ſait qu'elles prêtent une vive lumiere à ceux qui empruntent leur ſecours, je crois qu'un Phyſicien doit travailler à ſe procurer quelqu'étincelle de cette lumiere, ſur-tout ſi dédaignant le foible mérite de ſuivre les autres, il veut ſe mettre au rang des Inventeurs. J'avoue que les doutes & les conjectures dont la Phyſique eſt pleine, ne s'accordent pas aiſément avec la certitude qui eſt propre aux Mathématiques, & dont elles ſe glorifient: mais en établiſſant certaines conditions avouées par des expériences sûres, & les modifiant d'une maniere ingénieuſe, on peut parvenir à concilier ce qui ſemble avoir une répugnance invincible. Je dis bien ce qui ſemble avoir; car au fond rien ne répugne que le vraiſemblable donné pour vrai, au lieu que donné pour ce qu'il eſt, pour vraiſemblable, on ne s'en offenſe point, on le reçoit.

Telle a été la méthode que les plus forts génies du dernier ſiecle ont employée pour réſoudre tous ces beaux problêmes connus ſous le nom de *Phyſico-Mathématiques*, où brille la plus ſublime Géométrie. Comme il faudroit un trop grand appareil de calcul, ſi je voulois rappeller tous ces problêmes, & les accompagner de leurs équations, voici ſeulement pour montre l'énoncé de deux ou trois des principaux.

Premier Problême. Il s'agit de trouver un ſolide, lequel étant mû dans un fluide en repos, ou dans un fluide mû lui-même uniformément, rencontre moins de réſiſtance que tout autre ſolide de même groſſeur & de même hauteur. Trouver ce ſolide, c'eſt déterminer ſa ſurface; & déterminer cette ſurface, c'eſt chercher la courbe qui la décrit par ſa révolution autour de ſon axe. Il naît de-là une condition eſſentielle au problême; c'eſt que le ſolide doit ſe mouvoir parallelement à cet axe dans le fluide immobile, ou uniformément mû. On voit bien que la figure de ce ſolide une fois trouvée, on connoît la figure qu'il faut donner à la partie de la proue d'un Navire qui doit être dans l'eau, afin qu'il rencontre la moindre réſiſtance poſſible. Et comme la courbe qui forme la ſurface de ce ſolide eſt à-peu-près une parabole, il eſt néceſſaire que l'avant des navires taillés, & qu'on cherche à rendre bons voiliers, ſoit à-peu-près parabolique. C'eſt-là auſſi ce que les Conſtructeurs tâchent de faire, autant

que leur induſtrie leur en procure les moyens, & ils ſe contentent de donner des ſurfaces rondes ou circulaires aux proues des fluttes & des autres vaiſſeaux de tranſport; parceque le commerce étant leur principal objet, plus on y charge de marchandiſes, plus leur deſtination eſt remplie.

En décrivant la courbe, qui, par ſa révolution, donne la ſurface du ſolide de moindre réſiſtance, ſi l'on fait une petite ligne inconnue égale à une autre connue, cette courbe aura un point de rebrouſſement : d'où le plus célebre Géometre qui jamais ait paru en France, concluoit que ce ſolide pouvoit être convexe, ou concave, ou en partie convexe & en partie concave. Mais j'oſerai le dire, cette eſpece de corollaire avoit beſoin d'être traitée d'une maniere plus diſtincte, d'être éclaircie non-ſeulement par le calcul, mais encore par le ſecours des expériences : & ſans doute que M. le Marquis de l'Hôpital en ſeroit venu à bout, s'il l'avoit entrepris.

Second Problême. On ſuppoſe une chaîne très flexible & incapable d'extenſion, qui ait ſes deux extrêmités attachées à deux clous fixes & poſés dans la même ligne horiſontale. On ſuppoſe enſuite que cette chaîne eſt tirée dans tous ſes points par une infinité de puiſſances égales qui agiſſent toutes ſuivant une direction perpendiculaire, & parallelement les unes aux autres. Cela étant, on demande quelle eſt la courbe que décrit cette chaîne, quelles ſont ſes propriétés, quelle eſt l'équation qui les exprime. Le problême, comme on voit, digne d'exercer les plus fins Géometres, n'a dû ſa réſolution qu'aux nouvelles méthodes, aux calculs différentiel & intégral. Il eſt aujourd'hui fameux ſous le nom de la chaînette. Les mêmes Géometres en ont fait uſage pour trouver la nature de quelques autres courbes, ou ſemblables, ou très approchantes, par exemple de la voiliere, du linge mouillé : tout cela en ſuppoſant 1°. que la direction du fluide qui agit, eſt par-tout perpendiculaire à la courbe ou à la matiere flexible, qu'il enfle & dilate en forme de courbe ; 2°. en déterminant la loi de cette dilatation, & par la nature du fluide, & encore plus par la nature de ſon action, qui dépend de la ſomme de toutes les forces élémentaires dont elle eſt compoſée, & qu'on peut regarder chacune comme étant infiniment petite.

Quelque ſublimes pourtant que ſoient toutes ces réſolutions,

il faut convenir que la théorie en eſt plus ornée que la pratique n'en a été éclairée juſqu'ici.

Troiſieme Problême. Suppoſé un corps mû par ſa ſeule peſanteur, & dans un milieu qui n'ait point de réſiſtance, ſuppoſé encore que ce corps tombe obliquement à l'horiſon avec une vîteſſe uniforme, on demande qu'elle eſt la ligne qu'il doit décrire pour tomber, & le plus vîte & en moins de tems qu'il ſoit poſſible. On croiroit au premier abord que ce problême ne contient aucune difficulté, & que le corps mû devroit décrire une ligne droite, puiſque c'eſt la plus courte de toutes celles qu'on peut mener d'un point à l'autre. Mais on ſe tromperoit fort en décidant ainſi; car la ligne eſt une courbe, & une courbe que les Géometres ont nommée cycloïde. L'uſage qu'en a fait M. *Hughens*, pour donner une entiere juſteſſe aux horloges, l'a rendue très célebre : & la peine que pluſieurs autres Mathématiciens ont priſe de l'examiner, lui a fait trouver mille propriétés ſingulieres, dont celle de la plus prompte deſcente n'eſt pas une des moindres. J'ajoûterai ſeulement qu'une courbe étant une fois tracée pour ſatisfaire à de certaines conditions d'un problême, elle peut enſuite ſe changer en différentes autres courbes, à meſure qu'on apporte de nouveaux changemens dans les conditions.

En finiſſant ce Traité, qui renferme les principes généraux de l'art de faire des expériences, je répéterai une choſe que je crois cependant avoir aſſez bien établie : c'eſt que, quelques diviſions & quelques ſubdiviſions qu'on faſſe des corps, jamais on ne doit ſe flatter de parvenir à une derniere qui donne leurs parties intégrantes, ou leurs parties déterminées à être ce qu'elles ſont depuis l'origine de la terre. De même, quelques compoſitions & quelques révivifications que l'art puiſſe faire, jamais il ne parviendra à former la moindre partie intégrante, qu'on doit regarder comme plus petite que toute grandeur connue : ce qui eſt l'inverſe de la premiere propoſition. En effet, tout ce que l'art produit, il le produit d'une maniere bruſque, gênée, défectueuſe : au lieu que la Nature agit avec autant de fineſſe que de lenteur, faiſant paſſer tous ſes ouvrages par une infinité d'accroiſſemens ſucceſſifs, depuis leur origine juſqu'à leur entiere perfection.

Cela poſé, il me ſemble qu'on doit regarder avec une ſorte

de dédain, les Philoſophes qui aimant à parler impérieuſement de tout, s'imaginent connoître la nature des corps; parcequ'ils connoiſſent un petit nombre de corps, non point encore en eux-mêmes, mais par quelques propriétés dont ils ſont revêtus : comme ſi l'expérience qui leur a fait remarquer celles là, les obligeoit à prononcer dogmatiquement l'excluſion de toute autre, & encore, comme s'ils avoient une meſure certaine pour juger de l'intérieur de la matiere & de ſa capacité, lorſqu'à peine ils en voient les dehors & la ſuperficie. On doit traiter avec le même dédain ceux qui, à la maniere de *Platon*, s'efforcent d'introduire des idées abſtraites & métaphyſiques dans l'étude des choſes naturelles. Effectivement il ne s'agit point en Phyſique de ſuppoſer aux corps des figures & des propriétés imaginaires, pour avoir enſuite le plaiſir de comparer ces corps les uns avec les autres. La raiſon veut ſeulement qu'on leur attribue toutes les propriétés réelles, qui s'ajuſtent & ſe lient aux phénomenes qu'ils nous préſentent, pourvu cependant qu'on n'y apperçoive aucune répugnance ni aucune contradiction.

TABLE DES CHAPITRES

Contenus dans ce premier Volume.

CHAPITRE I. *De la Philosophie, & des regles du raisonnement*, Pag. 1

CHAP. II. *Des corps en général & de leurs propriétés*, 33

CHAP. III. *Du vuide*, 77

CHAP. IV. *Du lieu, du tems & du mouvement*, 96

CHAP. V. *Des puissances qui compriment*, 110

CHAP. VI. *De la force des corps qui sont en mouvement*, 115

CHAP. VII. *De la gravité*, 127

CHAP. VIII. *De la Méchanique*, 154

CHAP. IX. *Du frottement des machines*, 202

CHAP. X. *De la méchanique du mouvement*, 220

CHAP. XI. *Du mouvement composé*, 237

CHAP. XII. *De la descente des graves sur un plan incliné*, 258

CHAP. XIII. *Du mouvement d'oscillation des pendules*, 267

CHAP. XIV. *Du mouvement de projection*, 282

CHAP. XV. *Des forces centrales*, 293

CHAP. XVI. *De la dureté, de la fragilité, de la molleſſe, de la flexibilité & de l'élaſticité,* 305

CHAP. XVII. *De la percuſſion,* 314

CHAP. XVIII. *De l'électricité,* 338

CHAP. XIX. *De l'aimant,* 430

TABLE DES CHAPITRES

Contenus dans le ſecond volume.

CHAPITRE XX. *De la vertu attractive des corps*, page 1

CHAP. XXI. *De l'adhérence & de la fermeté*, 61

CHAP. XXII. *Des fluides en général*, 174

CHAP. XXIII. *De la preſſion des fluides, qui vient de leur gravité*, 186

CHAP. XXIV. *Des fluides qui coulent par les trous d'un vaſe*, 198

CHAP. XXV. *Des jets d'eau*, 213

CHAP. XXVI. *Des corps ſolides plongés dans les liquides, & de leur peſanteur ſpécifique*, 218

CHAP. XXVII. *De l'eau*, 280

CHAP. XXVIII. *Du feu*, 338

CHAP. XXIX. *Des propriétés générales de la lumiere*, 430

CHAP. XXX. *Des corps qui s'imbibent de lumiere*, 446

CHAP. XXXI *De la lumiere réfractée & des corps réfringents*, 451

CHAP. XXXII. *Des rayons de lumiere qui tombent ſur des ſurfaces planes & ſphériques qui les rompent*, 466

CHAP. XXXIII. *De la lumiere qui paſſe de l'air dans le verre, & enſuite du verre dans l'air*, 472

CHAP. XXXIV. *De la différente réfrangibilité des rayons, & de leurs couleurs*, 478

TABLE DES CHAPITRES

Contenus dans le troisieme Volume.

Chapitre XXXV.	*Description de l'œil*,	page 1
Chap. XXXVI.	*Du passage de la lumiere par les humeurs de l'air & de la vision*,	14
Chap. XXXVII.	*De la Dioptrique*,	47
Chap. XXXVIII.	*De la Catoptrique*;	67
Chap. XXXIX.	*De l'air*;	100
Chap. XL.	*Du son*,	205
Chap. XLI.	*Des météores de l'air en général*,	247
Chap. XLII.	*Des météores aqueux*,	284
Chap. XLIII.	*Des météores ignés*,	376
Chap. XLIV.	*Des météores aériens, ou des vents*,	428

APPROBATION.

J'ai lu par ordre de Monseigneur le Chancelier, un Ouvrage intitulé : *Cours de Physique, par M. Mussembroeck*, & je crois qu'on peut en permettre la réimpression. A Paris, ce 18 Décembre 1768.

MARIN.

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos amés & féaux Conseillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers qu'il appartiendra, SALUT. Notre amé ANTOINE CLAUDE BRIASSON, Libraire, Nous a fait exposer qu'il desireroit faire réimprimer & donner au Public le *Cours de Physique par M. Mussembroeck*, s'il Nous plaisoit lui accorder nos Lettres de renouvellement de Privilége pour ce nécessaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Exposant, nous lui avons permis & permettons par ces Présentes de faire imprimer ledit Ouvrage autant de fois que bon lui semblera, & de le vendre, faire vendre & debiter par-tout notre Royaume pendant le tems de six années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes. Faisons défenses à tous Imprimeurs, Libraires & autres personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance ; comme aussi d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire ledit Ouvrage, ni d'en faire aucuns Extraits sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit dudit Exposant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiscation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des Contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Exposant, ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts ; à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles ; que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en beau papier & beaux caracteres, conformément aux Réglemens de la Librairie, & notamment à

celui du 10 Avril 1725, à peine de déchéance du présent Privilége; qu'avant de l'exposer en vente, le Manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, ès mains de notre très cher & féal Chevalier, Chancelier Garde des Sceaux de France, le sieur DE MAUPEOU; qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle dudit sieur DE MAUPEOU; le tout à peine de nullité des Présentes: du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & ses ayans causes, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, soit tenue pour duement signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés féaux Conseillers, Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'Original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Charte-Normande, & Lettres à ce contraires: CAR tel est notre plaisir. DONNÉ à Versailles le trente-unieme jour du mois de Décembre, l'an de grace mil sept cent soixante-huit, & de notre Régne le cinquante-quatriéme. Par le Roi en son Conseil. LE BEGUE.

Registré sur le Registre XVII de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 454, fol. 597, conformément au Réglement de 1723. A Paris ce 5 Janvier 1769.

DELORMEL, *Adjoint.*

COURS

COURS DE PHYSIQUE-MATHEMATIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

De la Philoſophie, & des regles du raiſonnement.

§. I. La Philosophie eſt la ſcience de toutes les choſes divines & humaines : elle embraſſe la connoiſſance de toutes les propriétés, des effets & des cauſes de tout ce qu'on peut connoître, ſoit par le moyen de l'entendement, ſoit par le miniſtere des ſens, ſoit par le raiſonnement ou par toute autre maniere quelconque. Cette ſcience tend à procurer à l'homme, & à le faire jouir d'un véritable bonheur, tel néanmoins qu'on peut l'eſpérer dans cette vie.

§. II. On entend par les *choſes divines*, Dieu, & tous les êtres qu'il a créés, tant ſpirituels que corporels & étendus, en un mot tous les êtres qui ſont ſortis de la main du Créateur, de quelqu'eſpece qu'ils ſoient : de-là, la Philoſophie traite de Dieu, des Anges, de l'ame humaine, de celle des animaux, des corps céleſtes, de ceux qui appartiennent à notre globe, de l'eſpace, &c.

§. III. Nous entendons par les *choses humaines*, toutes les actions des hommes, tous les Arts & les inventions qu'ils ont imaginés, & dont ils font usage, pour conduire toutes choses au but qu'ils se proposent.

§. IV. C'est par l'entendement & le raisonnement qu'on parvient à la connoissance de ce qui concerne les esprits. Mais en tant qu'il y a des esprits qui sont unis avec des substances corporelles, on ne peut connoître leur puissance respective, & ce que ces deux substances peuvent produire l'une sur l'autre, en vertu de leur union, que par les effets qui résultent de l'action de l'esprit sur le corps, & alternativement de l'action du corps sur l'esprit.

§. V. Tout ce qui est matériel, ne se connoît que par l'intermede des sens; car l'esprit de l'homme n'a point d'idées innées des corps, il ne peut pas lui seul découvrir aucune propriété des corps qui l'environnent, & il n'acquiert cette connoissance que par le secours des sens & par un examen long tems réfléchi.

§. VI. C'est le raisonnement & l'industrie qui perfectionnent toutes les connoissances qui nous viennent de l'entendement & des sens. En effet, lorsque je découvre la solidité de quelques corps, j'apprends, en réfléchissant sur cette propriété, que ces corps peuvent servir, en différentes circonstances, à soutenir, suspendre, pousser, presser & mouvoir d'autres corps. Si j'observe la prompte & la forte expension qui naît de l'inflammation de la poudre à canon, je découvre que cette poudre, renfermée dans des canons de métal, sera propre à pousser au loin, & avec effort, de gros boulets, si on vient à l'enflammer : or, comme la mémoire de l'homme ne suffit pas à toutes les observations qu'on peut faire, on est obligé de les conserver par écrit : moyen très propre pour qu'on puisse s'instruire de celles que les autres font, y en ajoûter de nouvelles, & les repasser toutes dans sa mémoire.

§. VII. Comme l'objet de la Philosophie s'étend à tout ce qui fait partie de l'Univers, l'étendue de cette science est immense; ce qui a donné lieu de la diviser en plusieurs parties, qui peuvent toutes se rapporter aux six que voici.

§. VIII. La premiere est la *Pneumatique*, qui traite de toutes les substances spirituelles : savoir, de l'Esprit infini, ou de Dieu; des esprits finis, parmi lesquels les uns sont doués de raison, & sont unis à des corps; les autres également unis aux corps, mais n'ayant pas la raison en partage. Cette science, en considérant les substances spirituelles, considere leurs propriétés, leurs opérations, leur origine, leur durée, leur union avec le corps, en un mot tout ce que la pénétration de l'homme peut découvrir dans un tel objet.

§. IX. La seconde partie de la Philosophie s'appelle la *Physique* : elle a pour objet le vaste espace de l'Univers, & tous les corps qu'il contient : elle en considere les propriétés, ce qu'ils peuvent produire & souffrir; le rapport de situation qu'ont entr'eux les grands & les petits corps de l'Univers, tant célestes que terrestres : elle en examine la disposition; elle considere leur nombre, leur force, leurs effets, leurs causes, les différentes modifications dont ils sont susceptibles, leur grandeur, leur origine, &c.

§. X. La troisieme est la *Téléologie*, qui considere les causes finales de chaque chose. Elle cherche à découvrir, autant qu'il est possible à l'homme, à quelle fin sont destinés tous les changemens & tous les mouvemens qu'on observe dans chaque substance. Cette partie de la Philosophie a son utilité, ainsi que les autres : elle augmente le nombre de nos connoissances : elle nous met devant les yeux la sagesse suprême & la bonté infinie de Dieu. Il arrive même quelquefois qu'on démontre plus manifestement les causes finales, que les causes de plusieurs effets. Il est très certain que l'Être Suprême n'a rien produit, & que l'homme lui-même n'agit jamais, qu'en vertu d'une fin qu'il se propose dans son ouvrage. Quelquefois la fin qu'on se propose, se rapporte à la principale action, & nullement à celle qui suit, & qui sert de moyen à la premiere; car il arrive souvent que l'esprit ne fait pas la même attention à l'action secondaire. Par exemple, lorsque je veux dessécher sur-le-champ des lettres que je viens de tracer sur le papier, je porte aussi tôt mes doigts dans un poudrier, afin d'y prendre de la poussiere & de la jetter sur l'écriture. Or, dans cette circonstance, pour quelle raison mes doigts se portent-ils alors au milieu du poudrier, plutôt que dans tout autre endroit? pourquoi saisissai-je plutôt la poussiere qui se présente à mes doigts, que celle qui est au-dessous, ou vers la périphérie du vase? Dans cette action, j'agis sans aucune raison spéciale, je ne me propose alors aucune fin; ce n'est pas par un sentiment réfléchi que je n'enfonce pas mes doigts plus profondément dans le poudrier, & que je prens de la poussiere dans une partie de ce vase, plutôt que dans une autre; ce n'est pas pour une raison déterminée que je n'en prens qu'une telle quantité : en cela le hasard seul me conduit. Cela posé, on ne doit donc pas rechercher à l'infini la cause finale de toutes les actions qui se suivent immédiatement; ce seroit en vain qu'on donneroit tous ses soins à une telle recherche. Quelqu'utile que soit la Téléologie, & quelque soin que *Volf* ait pris pour la perfectionner, quoiqu'il ait surpassé en cela tous ceux qui l'ont précédé, elle est encore bien éloignée du degré de perfection qu'elle pourroit acquérir, & qu'elle n'acquerra jamais.

1°. Parcequ'il n'est pas donné à l'homme de connoître toutes les fins que l'Auteur de la Nature s'est proposées en créant & en disposant toutes les parties de l'univers. En effet, pour quelle raison a-t-il borné à un nombre fixe & déterminé, toutes les especes des trois regnes de la nature, *végétal*, *animal* & *fossile*? pourquoi n'en a-t il pas créé un plus grand ou un plus petit nombre? pour quelle raison n'a-t-il formé que sept planetes? pour quelle fin a-t-il produit un si grand nombre d'étoiles fixes & de cometes? Il est constant qu'il s'est proposé dans toutes ces choses une multitude de fins différentes, que nous ne connoissons pas, & que le nombre ne nous permet pas de développer. Les bornes que l'Être Suprême a mises au nombre des êtres qu'il a créés, répondent à la vérité, & sont parfaitement conformes à la fin qu'il s'est proposée. On peut donc bien dire en général, puisque chaque chose est destinée à une fin particuliere, pour quelle raison l'Auteur de la Nature s'est-il proposé telle ou telle fin par préférence à toute autre? mais on ne peut répondre à cette question, sinon qu'il en a agi ainsi de sa propre volonté, n'ayant consulté en cela, que cette sagesse infinie qui lui fait connoître toutes choses, & les liaisons qu'elles ont entre elles; puisqu'il les a toutes créées

& qu'il les gouverne ; car le génie de l'homme ne pourra jamais pénétrer les différentes raiſons qui l'ont déterminé dans chacune de ſes actions.

2°. La connoiſſance des cauſes finales ſurpaſſe la foible portée de l'eſprit humain ; parceque chaques choſes ont des rapports entr'elles, comme il paroît manifeſtement par les effets qui en réſultent ; & ces rapports, ainſi que les fins pour leſquelles ils ſont établis, échappent à notre ſagacité. On remarque, par exemple, dans l'homme, des organes qui ne ſe développent qu'avec le tems : la barbe ne croît au menton qu'à un certain âge, la voix ne ſe forme & ne devient mâle qu'après un certain nombre d'années ; il eſt un tems où l'habitude du corps prend une nouvelle forme, où les forces du corps augmentent, ainſi que celles de l'eſprit ; le caractere change, la gaieté naît avec l'âge, la légéreté s'évanouit : il en eſt de même de quantité de phénomenes qui accompagnent la ſucceſſion des années. Or les différens organes d'où dépendent tous ces effets, n'exiſtant pas avant la maturité, on remarque que leurs effets ne ſe manifeſtent pas encore : on ne voit point croître de barbe à un enfant ; ſa voix, ſon corps, ſon caractere, tout eſt chez lui efféminé : la triſteſſe, la mauvaiſe humeur, la légéreté, ſont pour l'ordinaire ſon appanage. Or qui pourra connoître la connexion qui eſt entre ces organes & les effets qui en réſultent ? Qui pourra indiquer pour quelles fins toutes ces choſes ont été créées ?

3°. Tous les êtres qui ſont portion de l'Univers ont une connexion néceſſaire entr'eux ; &, comme il n'eſt rien ſorti d'inutile des mains du Créateur, tout ce qui exiſte concourt à l'harmonie du monde entier. Quel eſt donc l'homme qui pourra indiquer & démontrer toute l'utilité, toutes les connexions qu'ont avec toutes les parties de l'Univers les plus petites choſes qu'on y remarque : telles, par exemple, que ces inſectes qui rampent, ces plantes qui ſortent à peine du ſein de la terre, ces moiſiſſures que l'on obſerve ſur différentes ſubſtances, &c ? Qui pourra donc démontrer la fin que l'Auteur de la Nature s'eſt propoſée dans la production de toutes ces choſes ?

4°. Il ne faut pas établir ſon jugement ſur l'analogie, s'il n'eſt confirmé par de nouvelles obſervations ; car nous voyons tous les jours que bien des choſes n'ont pas été formées pour les mêmes fins, auxquelles pluſieurs autres, qui leur ſont ſemblables, nous paroiſſent manifeſtement deſtinées. Nous ſavons que les aîles ont été données à la plus grande partie des oiſeaux & à pluſieurs inſectes pour s'élever dans les airs : elles ne ſont pas deſtinées au même uſage pour tous : les oies de la Magellanique ont des aîles, & elles ne volent point. Les cornes pouſſent aux taureaux qui ont été châtrés : il n'en eſt pas ainſi des cerfs qui ont ſouffert la même opération ; les bois de ces derniers ne tombent point tous les ans ; ou, ſi on le leur abat, il ne pouſſe plus. Quelques animaux ſe dépouillent pluſieurs fois de leur peau au printems, d'autres une fois ſeulement, d'autres enfin n'en changent jamais ; & ces différences ſe remarquent dans des animaux de même eſpece. Quelle eſt donc la raiſon & la fin de ces différences ? C'eſt ce que nous ignorons tout-à-fait.

§. XI. La *Métaphyſique* eſt la quatrieme partie de la *Philoſophie* ; elle expoſe ce qu'il y a de plus général dans les choſes : par exemple, ce que c'eſt

qu'un être, une ſubſtance, un mode, ce qu'on doit entendre par contingent, néceſſaire, poſſible, impoſſible; ce que c'eſt qu'une relation, une ſimilitude, une diſſimilitude, &c. Cette ſcience comprend l'*Ontologie*, & outre cela la *Coſmologie*, qui traite des choſes les plus générales de l'Univers.

§. XII. La cinquieme partie de la *Philoſophie* eſt celle qu'on nommé *Pratique* ou *Philoſophie morale :* elle nous donne des préceptes & des regles pour diriger nos actions : elle nous enſeigne la maniere de parvenir au plus éminent degré de perfection, auquel on puiſſe atteindre par la connoiſſance de ſoi-même : cette ſcience nous apprend comment nous devons nous comporter à l'égard de Dieu, à l'égard de nous-mêmes & des autres hommes, ſoit que nous vivions dans le ſimple état de nature, ſoit que nous vivions en ſociété & dans la dépendance des autres hommes, ſoit enfin que nous n'ayions de commerce qu'avec notre famille : c'eſt elle qui nous procure le véritable bonheur de la vie, en nous apprenant la maniere de diſtinguer le mal d'avec le bien, de pratiquer celui-ci & d'éviter l'autre.

§. XIII. La ſixieme partie de la *Philoſophie* eſt appellée *Logique*: elle nous enſeigne de quelle maniere l'ame de l'homme poſſede la faculté de penſer & de raiſonner : elle nous donne outre cela des regles certaines pour nous mettre en garde contre l'erreur, pour former un bon raiſonnement, pour diſtinguer ceux qui ſont vrais d'avec ceux qui ſont faux : cette ſcience enſeigne encore quelle méthode il faut ſuivre pour découvrir la vérité & la mettre dans tout ſon jour. Chaque ſcience a ſa Logique particuliere; car les principes du raiſonnement qui appartiennent à une ſcience, ne ſont pas de grande utilité pour une autre.

§. XIV. Lorſqu'on veut avancer à grands pas dans les ſentiers de la Philoſophie, il faut être inſtruit auparavant de ce qu'on appelle les ſept Arts Libéraux, & ſur tout des *Mathématiques*.

1°. Parceque cette derniere ſcience aiguiſe particulierement l'eſprit.

2°. Parcequ'elle fait connoître ce que c'eſt qu'une véritable démonſtration; ce en quoi elle ſurpaſſe les autres Sciences & tous les Arts.

3°. Enfin parceque, ſans le ſecours de cette ſcience, on n'eſt pas à portée d'apprendre parfaitement la Méchanique, l'Hydroſtatique, l'Optique, l'Aſtronomie, &c. Ce furent ces conſidérations qui porterent avec rapidité cette ſcience au plus éminent degré de perfection, lorſqu'au commencement du dix-ſeptieme ſiecle les Génies les plus diſtingués; ſavoir, *Galilée*, *Toricelli*, le P. *Merſenne ;* après eux, *Hughens*, *Newton*, *Bernouilli* & tous les plus ſavans Mathématiciens de nos jours, ainſi que le *Baron de Verulam*, voulurent qu'on joignît, & joignirent effectivement, les Mathémathiques à la Philoſophie.

Cette ſcience ne fut jamais plus cultivée & ne fit de plus grands progrès, que lorſque les Rois les plus puiſſans & tous les Princes de l'Europe fonderent des Académies des Sciences, & formerent des Sociétés de Savans, dont le nombre ſe multiplie chaque jour; afin que, raſſemblant tous leurs efforts, ils parvinſſent à découvrir les ſecrets de la Nature, & à la forcer, pour ainſi dire, juſques dans ſes derniers retranchemens. Cette ſcience avoit toujours été négligée juſqu'à cette époque. Depuis ces établiſſemens chaque jour eſt

marqué par de nouvelles découvertes : on examine continuellement la doctrine des Anciens ; on profite de leurs Ouvrages, on les perfectionne & on en retranche les erreurs qui s'y sont glissées ; de sorte que l'on peut assurer que la Philosophie a fait plus de progrès dans l'espace d'un demi-siecle, qu'elle n'en avoit fait depuis *Aristote* jusqu'au dix-septieme siecle.

De toutes les parties de la Philosophie, que nous venons d'exposer, nous ne donnerons nos soins qu'à la Physique : nous ne traiterons dans cet Ouvrage que des principes de cette science ; & quoique nous évitions avec soin toutes les questions qui ne sont que de pure subtilité, qui pour l'ordinaire sont enveloppées d'épaisses ténebres, il sera facile de juger que l'étendue de cette science est si grande, qu'on ne peut, dans l'espace d'une année, que les jeunes gens consacrent à cette étude, qu'on ne peut, dis-je, en développer que les premiers principes, en choisir ce qu'il y a de plus aisé & de plus à leur portée, & leur en donner un goût suffisant qui puisse les porter à la recherche des connoissances les plus sublimes & les plus nécessaires : c'est pour cette raison que nous ne parlerons pas de l'Astronomie & des phénomenes célestes, quoique cette connoissance puisse être rangée parmi celles qu'on regarde comme agréables & utiles.

§. XV. La *Physique* a pour objet les *corps*, l'*espace* & le *mouvement*. Nous allons expliquer en peu de mots ce qu'on doit entendre par ces choses.

On appelle *corps* tout ce que l'œil peut voir, tout ce qu'on peut toucher avec la main, tout ce qui fait éprouver quelque résistance ; en un mot tout ce qui tombe sous les sens.

On nomme *espace* cette étendue de l'Univers, dans laquelle les corps se meuvent librement ; & on donne le nom de mouvement, au transport d'un corps, d'une portion de l'espace dans une autre.

§. XVI. Comme l'esprit de l'homme n'a aucune idée innée des corps, ainsi que de leurs qualités, on ne peut acquérir les connoissances qui ont rapport aux corps, qu'à l'aide des observations & de l'expérience. Tout ce que les corps présentent librement à nos recherches, se découvre par la voie de l'observation ; & c'est à l'aide de l'expérience, que l'on parvient à la connoissance des propriétés qui ne tombent sous nos sens, que par les différentes opérations auxquelles on soumet les corps.

§. XVII. On appelle *phénomene* tout ce que nous découvrons dans les corps à l'aide des sens. Les phénomenes concernent les situations, les mouvemens, les changemens & les effets des corps. Lorsque nous considérons, par exemple, l'ordre & la combinaison des sept étoiles que l'on remarque à la grande Ourse, c'est un *phénomene de situation*. Le lever du Soleil, son midi & son coucher, nous offrent un *phénomene de mouvement*. La Lune qui commence à paroître, qui croît ensuite sensiblement, devient demi-pleine, paroît après cela dans son plein, & qui souffre ensuite en décroissant, mais dans un ordre renversé, les mêmes variations qu'elle a subies pendant son accroissance, nous présente un *phénomene de changement*. Lorsqu'un corps est poussé contre un autre, il agit sur lui : la même chose arrive lorsqu'un corps en tire un autre ; & c'est ce qu'on appelle un *phénomene d'effet*.

§. XVIII. Tout changement que nous voyons survenir aux corps, n'arrive que par le mouvement, soit qu'il soit excité dans ces corps, diminué

ou détruit. Toute augmentation, ou toute perte de ſubſtance dans les corps, toute génération, toute corruption, en un mot quelqu'altération qui ſurvienne aux corps, ce ſont autant d'effets du mouvement. Cette vérité ne ſe découvre pas toujours au premier coup-d'œil; mais l'attention qu'on apporte à obſerver les phénomenes, la met dans tout ſon jour. Par exemple, ſi on expoſe au ſoleil un vaſe en partie rempli d'eau, on s'apperçoit que cette quantité d'eau diminue; parceque les parties de cette eau ſe volatiliſent continuellement par la matiere du feu qui les pénetre, les met en mouvement, & les éleve avec elle dans l'athmoſphere. Par la même raiſon, un morceau de glace perd de ſon volume, parceque ſes parties heurtées par les parties ignées ſont miſes en mouvement, & ſe détachent de la maſſe totale qu'elles formoient. La glace qui ſe forme dans des vaſes ſolides augmente de volume, par la rigueur du froid, diſtend les vaſes, comme on peut s'en aſſurer en les meſurant, & enfin les caſſe. Les plantes croiſſent par le ſecours de la féve qui pénetre leurs racines, leur écorce & leurs feuilles. Cette féve pouſſée dans les canaux de ces plantes, s'attache à leur circonférence, nourrit la plante & la fait croître. Les parties de cette même plante ſe fanent, & elle diminue elle-même par la tranſpiration qui ſe fait à travers ſes feuilles & ſa tige. Un morceau de bois, quelque dur qu'il puiſſe être, ſoit qu'il ſoit expoſé aux injures de l'air, ſoit qu'il ſoit à couvert, éprouve pluſieurs changemens en vieilliſſant: il dépérit & tombe enfin en pouſſiere, quoiqu'il ſoit toujours reſté dans la même place ſans aucun mouvement. Tous ces effets dépendent de l'action de l'air, du vent, de la pluie, du feu & d'autres fluides ſubtils, leſquels pénétrant librement entre les pores & les canaux ligneux, choquent leurs parties, les frottent, & enlevent celles qui ſont les plus mobiles; telles que les parties aqueuſes, ſalines & huileuſes: tandis que les parties terreſtres qui réſiſtent à leur effort, étant dépouillées du *gluten* qui les uniſſoit, demeurent ſous la forme d'une pouſſiere deſſéchée.

La denſité des corps augmente, par la compreſſion: cette action, ſe déployant contre leurs parties ſolides, les pouſſe & en contraint pluſieurs à ſe retirer dans les eſpaces qui les avoiſinent. Si quelques parties d'un mixte ſortent des eſpaces qui les receloient, tandis que les autres demeurent dans la même place, le mixte devient *rare*. C'eſt de cette maniere que s'operent toutes les altérations que le mouvement fait éprouver aux corps: bien plus, preſque tous les effets qu'on remarque dans les corps, dépendent du mouvement, ou le produiſent: de-là le principal objet de la Phyſique eſt le mouvement.

§. XIX. On a obſervé que tous les corps ſe meuvent en vertu de certaines loix, quelle que puiſſe être la cauſe qui les met en mouvement: & ces loix ſont les loix de la Nature. Elles ſont conſtantes & invariables; car on remarque toujours le même effet chaque fois que les corps ſe rencontrent dans les mêmes circonſtances. Les plantes & les animaux ne ſe produiſent que par le moyen de leur ſemence, & cela toujours de la même maniere & ſelon la même loi. Les corps qui ſe choquent, ſuivent conſtamment les mêmes loix, quant à la perte qu'ils font de leur mouvement dans le choc, & quant à la quantité de mouvement qu'ils communiquent au corps cho-

qué. De-là celui qui a obſervé & qui connoît parfaitement ces loix, eſt à portée de prévoir les effets qui en doivent ſuivre. Ayant obſervé que les plantes qui ne ſont point en maturité ſe pourriſſent, s'échauffent & s'enflamment lorſqu'on les entaſſe les unes ſur les autres & qu'on les comprime, je prévois par cette raiſon, que du foin verd & humide que j'amaſſerai, & dont je formerai un monceau, ſe pourrira & s'enflammera. Si j'ai obſervé l'année derniere, que du froment bien mûr, ſemé dans un terrein fertile, y a bien profité, je dois croire que la même choſe arrivera cette année, ſi les circonſtances ſe trouvent encore les mêmes.

Lorſqu'un corps ſonore rend un ſon, tous ceux qui ſont dans la ſphere de ſon activité, & qui ſont propres à ſonner la tierce, la quinte, l'octave, la douzieme, &c, dans la claſſe des ſons harmoniques, graves ou aigus, tous ces corps, dis-je, réſonnent à la fois: ne diroit-on pas que la Nature auroit une prédilection pour l'harmonie, & qu'elle auroit recours à elle pour augmenter les ſons.

§. XX. Toutes ces loix ne ſe connoiſſent que par l'intermede des ſens : le plus ſage des hommes, celui qui réfléchiroit le plus ſolidement, ne ſeroit pas capable d'en découvrir aucune par la méditation la plus profonde; il n'en trouveroit aucune dont il eût une idée innée.

Toutes ces loix dépendent de la volonté libre de Dieu, qui a déterminé qu'il n'y auroit que tel ou tel mouvement qui auroit lieu, par excluſion à tout autre, dans telle ou telle circonſtance. C'eſt en vertu de ces loix, toujours conſtantes, que chaque plante porte ſa ſemence, qui produit une plante ſemblable & non différente de celle qui a fourni la ſemence (1). C'eſt en vertu de ces loix qu'il ne paroît dans la nature aucune nouvelle eſpece différente de celles qui ont été créées au commencement du monde. A la vérité ſi on plante à côté l'une de l'autre deux plantes d'un genre peu différent, leurs ſemences venant à ſe confondre, ces deux genres concourront à la production d'une troiſieme plante différente des deux autres; mais auſſi cette nouvelle plante ſera ſtérile: ce ne ſera qu'une variété qui périra dans l'année, ſi cette plante eſt de nature à ne durer qu'un an; ou elle ne ſubſiſtera que deux années, ſi elle eſt de la nature de celles qui ſubſiſtent ce tems: car on ne voit jamais de plante, de quelqu'eſpece qu'elle ſoit, annuelle, bienale, ou même de l'eſpece de celles qu'on appelle immortelles, qui permutent leur eſpece.

De nos jours on a répandu le bruit, que de l'avoine qui avoit été coupée trois fois avant d'être parvenue en maturité, s'étoit changée en ſeigle & en froment après la moiſſon. Si le fait eſt vrai, il n'eſt pas inoui. *Pline* le rapporte dans ſon Hiſtoire Naturelle, Liv. 18. §. 44. L'orge, dit cet Hiſtorien, ſe change en avoine, de même que l'avoine elle-même produit du froment. Cet événement dépend ſur-tout de l'influence du ſoleil & de la pluie. La débilité du grain qui reſte trop long-tems en terre avant de germer, eſt encore une cauſe concomitante du même phénomene. Il arrivera encore la même choſe, ſi le grain eſt trop humide lorſqu'on le ſeme.

On remarque encore un autre accident dans les endroits où l'on ſeme de

(1) Moſis Lib. 1. Cap. 1. Comm. 12.

l'avoine : si le grain commence à se développer, mais qu'il n'ait pas encore acquis sa maturité & toute la force qu'il doit avoir ; s'il est alors exposé au souffle d'un certain vent qui lui est contraire, il deviendra vuide ; & c'est ce que les paysans de Hollande nomment *zandhaver.* Je fais grand cas des observations des autres ; mais je ne rapporterai ici que celles que j'ai faites dans les différens tems des semailles. Je répétai dans mon jardin en 1759 l'expérience suivante. Je fis faucher de l'avoine, & je remarquai toujours le même résultat, soit qu'elle eût été fauchée une fois, deux fois, & même trois fois : le grain qu'elle produisit fut de l'avoine presque toujours de même figure que celle que l'on n'a pas coupée, & qu'on recueille aux mois de Juillet, Août, Septembre & Octobre. J'ai observé le même événement dans deux jardins qui sont situés au-delà des portes de Leyde. Le Consul J. Fr. *Gronovius* avoit fait semer, pendant l'automne de l'année 1758, de l'avoine qu'il avoit exposée à la rigueur de l'hiver, & il recueillit de l'avoine. J'ai vu outre cela de l'avoine produire de l'avoine au mois d'Octobre, dans un jardin qui avoit porté au mois d'Août des épis d'orge ou des épis de grains de semblable nature, & qui étoient tous hérissés de barbe. *Columella* nous apprend (1) que tout froment qu'on seme dans une terre marécageuse, porte, après la troisieme semaille, le meilleur froment qu'on puisse desirer, & il ne differe de celui qu'on a semé que par la blancheur & le poids. On seme dans le Diocese d'*Utrecht* de très beau froment qu'on tire de *Zélande*, qui, après la troisieme semaille, dégénere, prend une couleur rouge ; & on ne le seme plus ensuite, parcequ'il n'est plus propre à faire de bon pain. Avant l'hiver de 1759, je semai, pour la seconde fois, de l'avoine, que je conservai dans une serre, elle y germa très bien : je la coupai au mois de Mai de l'année suivante, & deux fois encore après ; à la fin du mois de Juin je ne recueillis que de l'avoine ; de sorte que je suis actuellement convaincu que l'avoine ne produit que de l'avoine. Chaque animal engendre son semblable, & on n'observe point dans la nature de nouveaux genres d'animaux. Si, par fois, deux genres différens s'accouplent, l'animal qu'ils engendrent n'est point propre à la propagation de son espece. C'est ce qui arrive lorsqu'un âne couvre une jument, ou qu'un cheval s'accouple avec une ânesse, lorsque le lievre se joint à la femelle du lapin. Chaque animal porte un tems fixe & déterminé. La femme porte neuf mois, l'ânesse & la jument douze mois, la vache dix, les brebis & les chevres cinq mois seulement ; la lionne six mois, ainsi que l'ourse, &c. Il y a des animaux qui vivent peu de jours, d'autres quelques mois, quelques-uns un certain nombre d'années, & d'autres enfin qui vivent très long-tems.

D'où il suit manifestement qu'il n'y a point dans la nature de *force plastique* propre à former à chaque instant de nouveaux genres ; mais qu'il est évident qu'au premier instant de la création, Dieu forma tous les genres, qu'il conserve habituellement toutes les especes qu'il a créées, sans en produire de nouvelles, ni détruire celles qu'il a formées anciennement.

§. XXI. Le Créateur de toutes choses, étant libre dans toutes ses actions, eût pû disposer autrement toutes les parties de l'Univers ; cela ne dépendoit

(1) Columella de re Rustica Lib. 2. Cap. 9.

uniquement que de sa volonté : pour quelle raison a-t-il donc choisi l'ordre & la disposition qu'il leur a donnés ? C'est un mystere que les bornes étroites de l'intelligence humaine ne permettent pas à l'homme de percer ; il nous suffit de savoir que chaque chose a été disposée dans l'ordre le plus convenable & le plus propre aux fins que l'Auteur de la Nature s'est proposées dans son ouvrage ; & nous ne pouvons qu'admirer la sagesse du Créateur, en considérant l'ordre & la disposition de toutes les parties de l'Univers. Le motif qui l'a déterminé, & la fin qu'il s'est proposée dans l'établissement des loix de la nature, surpassent infiniment l'étendue de nos connoissances ; & il en est de même de quantité de loix qui se présentent continuellement à nos recherches : car pour quelle raison tout animal est-il soumis à la mort, se corrompt-il, & répand-il une mauvaise odeur après sa mort ? Pour quelle raison le foin humide, & même toute autre plante, se pourrit-elle, s'échauffe-t-elle & s'enflamme-t-elle, lorsqu'on la ramasse & qu'on en forme des monceaux ? Pourquoi le suc qu'on tire des raisins & de tous les fruits, étant exposé dans des vases à l'air libre, fermente-t-il, pourquoi donne-t il du vin & des esprits ardens ? Pour quelle raison l'accouplement du mâle & de la femelle donne-t-il origine à un nouvel individu, & cela après un tems fixe & déterminé relativement à chaque espece ? C'est ce qu'aucun Philosophe, quelque génie qu'on lui suppose, quelque connoissance qu'il ait acquise, ne pourra jamais expliquer.

C'est pourquoi les loix de la Nature sont, par rapport à nous, de simples effets, que nous trouvons toujours les mêmes dans les mêmes occasions ; & quand les loix seroient dépendantes d'une loi générale & plus simple, nous ne connoissons point cette liaison & cette dépendance : & il nous importe peu de savoir si un phénomene que nous observons dans la Nature dépend immédiatement de la volonté de Dieu, ou s'il n'en dépend qu'en vertu d'une cause inconnue d'où il procede immédiatement, ou s'il doit son origine à une longue suite de causes qui se succedent les unes aux autres. Mais il ne nous est pas permis de douter que l'Auteur de la Nature n'ait établi plusieurs loix, qu'on doit regarder comme *premieres*, & qui émanent immédiatement de sa volonté ; & d'autres outre cela qu'on doit appeller *secondaires*, qui dérivent de celles dont nous venons de parler.

Toutes ces loix, telles qu'elles soient, sont permanentes & invariables ; parceque la volonté & la providence de celui qui les a établies, sont souverainement parfaites & immuables ; puisque Dieu est toujours le même, doué d'une perfection infinie, toujours infiniment sage & immuable.

§. XXII. Chaque fois que le même phénomene se présente à nos recherches, chaque fois il doit se rapporter aux mêmes loix : c'est l'observation qui les confirme ; & parceque les causes de ces loix nous sont inconnues, le Philosophe ne peut pas porter certainement ses recherches au-delà de la connoissance de ces loix.

C'est par leur intelligence que nous connoissons ce qui est dans l'ordre naturel ou surnaturel. Les phénomenes qui s'observent constamment, lorsque les corps se trouvent dans les mêmes circonstances, doivent être rangés dans le premier de ces deux ordres. On donne le nom de miracle ou de prodige à tout ce qui n'est pas conforme, ou à ce qui est contraire, aux

loix ordinaires de la Nature. Rien n'eſt plus conforme à ces loix que de voir des animaux engendrer leurs ſemblables : c'eſt un miracle lorſqu'on voit des animaux prendre naiſſance du ſein de la pouſſiere (1). C'eſt le propre du feu de brûler & de conſommer le corps de l'homme qui eſt en proie à ſes flammes ; mais ſi on voit des hommes qui ſortent du ſein des flammes ſans avoir éprouvé leur action, c'eſt un miracle (2).

Toutes ces choſes ſont autant d'effets de la Puiſſance divine : elles ſont toutes rangées ſelon l'ordre des decrets de Dieu, qui a prévu de toute éternité qu'elles arriveroient dans le tems qu'il a déterminé. De quelque façon qu'elles arrivent, elles ſont toujours les mêmes par rapport à nous ; puiſque nous ne pouvons jamais connoître toute l'étendue de la volonté & de la puiſſance de Dieu.

§. XXIII. Puiſque nous ne connoiſſons pas toutes les loix de la Nature, il faut donc que nous tâchions de les découvrir, tant celles qui ont rapport aux corps céleſtes, que celles qui regardent l'adminiſtration des corps ſublunaires, & que nous tâchions de les graver dans notre mémoire. Il faut donc paſſer ſucceſſivement en revue toutes les eſpeces de corps qui ſont partie de l'Univers. Parmi les corps céleſtes, il faut conſidérer les principales planetes, leurs ſatellites, les cometes & les étoiles fixes; il en faut conſidérer le nombre, la grandeur, la figure, le tems de leur apparence, leurs éclipſes, leur diſtance reſpective, & leur ſituation par rapport au ſoleil & à la terre : il faut ſur-tout conſidérer les tems périodiques de la révolution des planetes & des cometes autour du ſoleil, la vîteſſe de leurs mouvemens, toutes leurs apparences; il faut étudier la grandeur & la véritable figure de leurs ellipſes, l'inclinaiſon de chacune ſur l'écliptique, leurs révolutions ſur leurs axes, l'inclinaiſon de ces axes ſur l'équateur & ſur l'écliptique, le balancement de ces mêmes axes, &c. Toutes ces choſes nous ſont encore inconnues, ou ne nous ont pas été fidelement tranſmiſes; ce qui fait qu'il nous manque des Tables aſtronomiques plus correctes que celles que nous avons.

Les Philoſophes ont rangé ſous trois regnes tous les différens corps qui appartiennent à notre globe; ſavoir, le regne *foſſile*, *végétal* & *animal*, auxquels on pourroit en ajoûter un quatrieme, qu'on nommeroit *athmoſphérique*.

Les corps qui ſont partie du regne *foſſile* ſont compoſés de parties hétérogenes, du concours deſquelles différens fluides, différentes maſſes ſolides de différentes figures, grandeurs & fermeté, prennent naiſſance. Tous ces corps ne ſont point organiques; ils n'ont ni organes, ni vaiſſeaux, ils ſont dépourvus de mouvement & de vie.

Les *végétaux* ſont des corps organiſés, vivans, munis de vaiſſeaux, de valvules, d'enveloppes, de glandes; ils s'attachent à la terre comme à leur matrice, ou à d'autres végétaux, ou à quelques parties animales, d'où ils tirent la nourriture qui ſert à leur développement & à leur accroiſſance. Tant que la ſéve s'éleve dans leurs canaux, ils végetent, ils pouſſent, ils vivent; mais dès qu'elle ceſſe de s'élever, ou qu'elle s'épanche, ils périſſent.

(1) Exod. Cap. 8. v. 17. (2) Daniel, Cap. 3. v. 27.

Les *animaux* ſont des corps organiſés, qui tirent leur aliment des trois regnes de la Nature ; ils ont la faculté de ſe mouvoir où bon leur ſemble ; ils ſont doués de ſentiment ; ils reçoivent différentes impreſſions des corps extérieurs, différentes humeurs circulent dans toute l'habitude de leurs corps : les unes ſervent à la nutrition des parties où elles abordent ; les autres, celles qui ſont inutiles à la nutrition, s'échappent & s'élevent dans l'athmoſphere. L'animal vit tant que cette circulation a lieu, & il périt ſitôt qu'elle ceſſe.

Les *corps athmoſphériques*, ceux qui conſtituent le quatrieme regne de la Nature, ſont différens fluides hétérogenes, qui ne prennent aucune accroiſſance ; privés de vie & de ſentiment, ils s'élevent & voltigent dans l'athmoſphere.

§. XXIV. On remarque dans chaque regne un grand nombre de ſubſtances, de différentes eſpeces, qu'on ne peut connoître parfaitement qu'en les diſtribuant en pluſieurs claſſes. On peut juger, par la multitude de ces différentes eſpeces, de l'étendue immenſe de la Phyſique ; puiſqu'il n'y en a aucune que cette ſcience ne doive conſidérer.

Le premier objet du Phyſicien eſt donc de les connoître : connoiſſance qu'il ne peut acquérir que par la lecture de tous les Auteurs qui ont écrit ſur l'Hiſtoire Naturelle. Il doit enſuite examiner toutes ces eſpeces en particulier, afin d'en découvrir les diſpoſitions tant extérieures qu'intérieures, les dimenſions, les propriétés, les différens rapports, en un mot tout ce qui tombe ſous les ſens, & ce qu'on ne peut découvrir & connoître que par leur miniſtere. On doit apporter un ſoin particulier à l'examen de chaque eſpece ; car quoiqu'il y en ait quelques-unes qui paroiſſent ſe rapporter à la même, néanmoins, eu égard à quelques-unes de leurs propriétés, à certaines diſpoſitions de leurs parties extérieures ou intérieures, elles different les unes des autres, & quelquefois cette différence ne ſe trouve qu'entre leurs viſceres & leurs humeurs : tant il eſt vrai qu'on ne doit jamais juger d'aucune eſpece par la connoiſſance d'une autre.

Si quelqu'un, ayant remarqué que l'eſtomac de l'homme eſt membraneux, ainſi qu'une veſſie, concluoit de-là que celui de la brebis, du bœuf, &c, eſt pareillement membraneux, il tomberoit dans une grande erreur : ſi on imaginoit que l'eſtomac des oiſeaux fût ſemblable à celui de l'homme, ou qu'il fût de même nature & parfaitement ſemblable dans tous les oiſeaux, on s'éloigneroit beaucoup de la vérité ; puiſque dans pluſieurs oiſeaux, tels que dans l'autruche, dans les poules, dans les poules-d'Inde, dans les oies, dans les canards, &c, on obſerve que l'eſtomac eſt très épais, qu'il eſt formé d'une diſpoſition admirable de fibres charnues, douées d'une très grande force, laquelle eſt ſuffiſante pour broyer les alimens que ces animaux avalent, qui ſont pour l'ordinaire des grains, ou d'autres corps d'une certaine réſiſtance. L'effort qui provient de la contraction de l'eſtomac d'une poule-d'Inde eſt tel, qu'il peut ſuffire pour applatir un morceau de métal qui ne pourroit céder qu'à la preſſion d'un poids de quatre cens cinquante-ſept livres & demi, ainſi que l'a obſervé M. *de Réaumur* (1). Au contraire dans

(1) Journal des Savans, année 1753, Juin, p. 165.

les oiſeaux de proie, dans le faucon, par exemple, dont l'eſtomac eſt membraneux, les alimens n'éprouvent aucune trituration; mais, pénétrés par le ſuc gaſtrique, il les ramollit, & il opere tout l'œuvre de la digeſtion, ſoit que ces alimens ſoient des viandes ou des os: ce ſuc, qui eſt un excellent diſſolvant pour les viandes, n'eſt pas propre à la digeſtion des végétaux.

Quelle différence ne remarque-t-on pas dans les organes de la voix des animaux terreſtres, & ſur-tout des oiſeaux (1). Le polype aquatique eſt encore une preuve très convaincante, qu'on ne doit pas juger d'aucune eſpece d'animal par la connoiſſance qu'on peut avoir d'une autre eſpece; car les polypes ordinaires que l'on trouve en eau douce, ſont des animaux qui ont la faculté de ſe tranſporter, comme il leur plaît, d'un endroit dans un autre, & ils ne ſont attachés à aucun corps qu'à celui qu'ils choiſiſſent. On trouve une autre eſpece de polype qui ne differe point, quant à la conſtitution de ſon corps, ou qui ne differe que très peu, de celui dont nous venons de parler: ceux de cette eſpece ſont attachés par l'extrêmité de leurs corps à la cellule qu'ils habitent: cette cellule, ainſi que l'animal qu'elle contient, acquerent l'un & l'autre de plus grandes dimenſions, & croiſſent enſemble, de même que le limaçon & ſa coquille. On remarque la même choſe dans les coraux qui ſervent de demeure aux polypes, & dont ces animaux ne peuvent jamais ſe ſéparer. *Donat* (2) a obſervé de ces coraux, dans leſquels il a vu naître la derniere partie des polypes qui les habitoient: les coraux doivent être rangés dans la claſſe des pierres.

§. XXV. On diviſe les *animaux* en pluſieurs eſpeces,

1°. En *terreſtres*, qui ont la faculté de marcher, tels que les hommes, les beſtiaux, &c.

2°. En *reptiles*, tels que les ſerpens, &c.

3°. En *poiſſons vivipares*, comme les baleines.

4°. En *poiſſons ovipares*, tels que les perches, les loups marins, &c.

5°. En *poiſſons cruſtacés*, comme les cancres, les écreviſſes, &c.

6°. En *poiſſons à coquilles*, tels que les huitres, &c.

7°. En *oiſeaux*.

8°. En *inſectes terreſtres*, comme les vers, les araignées.

9°. En *inſectes marins*, dont le nombre eſt très grand, tels que les polypes marins, les ſcolopendres, &c.

10°. En *inſectes d'eau douce*, comme les polypes qu'on remarque dans ces ſortes d'eaux, comme ces poiſſons à coquilles qu'on appelle araignées, &c.

11°. En *amphibies*, qui ſont en partie terreſtres, en partie aquatiques, comme les chevaux marins, les crocodiles, les Caſtors, &c.

12°. Enfin en *zoophytes*, tels que ſont les madrepores, les coraux, &c.

Le nombre de toutes ces différentes eſpeces ſe monte à plus de trois cens mille, & on en découvre tous les jours de nouvelles. Tous ces animaux ſont différens entr'eux, quant à la forme & à la diſpoſition de leurs parties, ſoit extérieures, ſoit intérieures: ils ſont tous de différens caracteres; les uns vivent plus long-tems que les autres; ils ont tous un tems marqué & différent pour s'accoupler; ils ſont plus féconds les uns que les autres; leur maniere de vivre, leur nourriture, leur façon de ſe battre, de ſe dérober aux pourſuites, de faire

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1753. (2) Philoſoph. Tranſac. vol. 50. part. 1. p. 58.

leurs nids, de marcher, de ramper, de ſauter, de voler, de nager, eſt différente pour tous. Ceux qui changent de peau, & qui prennent différentes formes, ne ſubiſſent pas ces changemens de la même maniere, &c.

§. XXVI. On diviſe les *végétaux* en arbres, en herbes, en gazons, en champignons, en algue (1), en mouſſe, &c. On diſtribue tous ces différens végétaux en pluſieurs eſpeces, que le célebre *Linnæus* diſtingue les unes des autres, par les différences que l'on remarque dans leurs ſexes.

On compte actuellement plus de quatorze mille plantes connues, qui ne different pas moins entr'elles par la ſtructure de leurs parties, tant intérieures qu'extérieures, que par les fluides qui circulent dans leurs canaux.

La propagation des plantes s'opere de différentes manieres : par leurs racines, par leurs rejettons, par greffes, par leurs boutons, par inoculation, par plantation, par ſemence, &c.

Les ſemences que l'on jette en terre ne ſont pas toutes fécondées de la même maniere.

§. XXVII. Le regne *minéral*, ou *pétreux*, ſe diviſe en trois claſſes. La premiere comprend les *pierres*, la ſeconde les *mines*, & la troiſieme les *foſſiles*.

Les *pierres* comprennent les pierres ſimples, celles qui ſe vitrifient, les pierres *calcaires* & les *apyres*.

On compte parmi les *minéraux*, les ſels qui ſont diſſolubles dans l'eau, les *ſoufres*, les métaux : ſavoir, l'*or*, l'*argent*, le *cuivre*, le *fer*, l'*étain*, le *plomb*, auxquels on ajoûte ſouvent le *vif-argent*. Les demi-métaux ſont l'*antimoine*, le *zinc*, le *biſmuth*, le régule d'*arſenic*, le régule de *cobalt*, le *kupfernikkel*, (qui eſt une mine d'arſenic) la platine. Les *foſſiles*, comprennent les terres, les concrétions & les pétrifications.

Il faut encore ranger dans ce regne l'eau commune, tant douce que celle de la mer; mais ſur-tout toutes celles qu'on appelle minérales.

Quoique les entrailles de la terre recelent encore la plus grande partie des ſubſtances qui compoſent ce regne, le nombre de celles que nous connoiſſons déja, eſt ſi grand, & elles ſont toutes ſi diverſifiées, qu'il n'eſt pas poſſible de les conſidérer ſous un point de vue général. Elles ſont toutes différentes les unes des autres, par la grandeur, la figure, la dureté ou la molleſſe, le poids, la couleur, la fixité, ou par les différens degrés de volatilité qu'on découvre en elles, lorſqu'on les ſoumet à l'action du feu, &c. Toutes ces ſubſtances ne ſont point formées de la même maniere dans le ſein de la terre; outre cela la main de l'homme ſait en allier pluſieurs entr'elles, & en former de nouvelles combinaiſons, propres à différens uſages : ce qui multiplie encore le nombre des variétés qu'on remarque entre toutes ces ſubſtances.

§. XXVIII. Quoique la Nature n'obſerve pas la même maniere d'agir dans la production des animaux, des végétaux & des foſſiles, néanmoins toutes ces différentes ſubſtances ſont produites d'une maniere très ſimple & par le plus petit mouvement poſſible; car ce ſeroit en vain que la Nature auroit recours à une maniere d'agir plus compliquée, & qu'elle emploiroit un plus

(1) Eſpece de mouſſe qui croît au bord de la mer.

grand mouvement, pour former ce qu'elle pourroit produire à moins de frais. Cette maniere d'agir n'annonceroit point cette ſageſſe infinie, qui caractériſe les ouvrages du Créateur, qui ne produit rien de défectueux, ſoit par excès, ſoit par épargne.

§. XXIX. Le *regne athmoſphérique* comprend l'*air*, le *feu*, l'*électricité*, & toutes les petites portioncules qui ſe détachent de toutes les ſubſtances des trois regnes dont nous venons de parler, & qui, à raiſon de leur ténuité, s'élevent dans l'athmoſphere, & ſurnagent dans ce fluide. En un mot ce regne comprend tout ce que l'air contient dans ſon ſein.

Les progrès de la *Phyſique* dépendent des connoiſſances qu'on peut acquérir par un examen réfléchi de toutes les ſubſtances qui font partie des trois regnes de la Nature.

§. XXX. On diſtingue trois eſpeces de connoiſſances; la premiere, que l'on nomme *Hiſtorique*, conſiſte dans la connoiſſance des corps, de leurs propriétés & de leurs phénomenes. Cette connoiſſance doit être le premier objet des recherches du Phyſicien; elle eſt ſimple, certaine, & elle fait la baſe de la *Phyſique*.

La ſeconde eſpece de connoiſſance ſe nomme *Philoſophique*; elle conſiſte dans le développement & la démonſtration des cauſes, des propriétés & des phénomenes qu'on a découverts dans les corps.

La troiſieme eſpece de connoiſſance eſt appellée *Mathématique*: c'eſt par elle qu'on obſerve l'intenſité des cauſes, toute l'étendue des propriétés & des phénomenes, & qu'on détermine ce qui doit ſuivre de ces découvertes. Cette connoiſſance eſt la derniere qu'il faille mettre en uſage; elle doit être précédée des deux autres, & c'eſt par ſon ſecours que l'on parvient à porter une ſcience à ſon plus éminent degré de perfection.

§. XXXI. Dans la recherche & dans l'explication que nous allons donner des phénomenes de la Nature, nous ferons tous nos efforts pour ne nous pas écarter des regles admirables que *Newton* nous a preſcrites touchant la véritable maniere de bien raiſonner (1).

On ne doit admettre pour véritables cauſes des phénomenes de la Nature, que celles que l'on connoît pour être véritables, & dont la vérité eſt démontrée par des expériences, par des obſervations pluſieurs fois réitérées, & de différentes manieres, & qui ſuffiſent pour rendre raiſon des phénomenes que l'on doit expliquer.

On ne doit donc admettre pour cauſes, que celles que les phénomenes de la Nature indiquent manifeſtement. Elles ſeront véritables, 1°. s'il eſt conſtant qu'elles exiſtent dans la Nature, & ſi tous les phénomenes concourent à démontrer leur exiſtence; 2°. ſi non-ſeulement les phénomenes peuvent être déduits, mais encore s'ils ont une connexion néceſſaire avec les cauſes; 3°. ſi les corps éprouvés & traités de différentes manieres, nous indiquent conſtamment les mêmes cauſes des mêmes phénomenes; 4°. ſi on ne peut ſupprimer ces cauſes ſans détruire les phénomenes eux-mêmes.

Nous allons mettre cette théorie dans tout ſon jour par l'exemple ſuivant. Si on plonge, dans l'eau d'un réſervoir, la queue d'une pompe aſpi-

(1) Philoſ. Natur. Princ. Math. Lib. 3.

rante, & qu'on faſſe mouvoir le piſton, l'eau s'élevera dans le corps de la pompe, & le remplira: or la cauſe de l'élévation de l'eau, dans cette occaſion, eſt manifeſtement la preſſion que l'air exerce ſur la ſurface de l'eau du réſervoir, à l'exception de la colonne qui répond à la cavité pratiquée ſelon la longueur de la queue de la pompe, & dont le piſton raréfie l'air par ſon élévation. Une preuve inconteſtable que c'eſt à la preſſion de l'air que l'on doit rapporter, comme à ſa véritable cauſe, le phénomene que nous venons d'expoſer, c'eſt que 1°. on ſait que la ſurface de l'eau du réſervoir eſt ſoumiſe à la preſſion de l'air, qui s'appuie ſur cette ſurface; 2°. parceque la preſſion de l'air eſt capable de faire jaillir l'eau à une certaine hauteur; 3°. parceque l'expérience nous apprend que ſi on ſupprime l'air qui eſt compris dans le réſervoir, ou qu'on le rempliſſe exactement d'eau, & qu'on le bouche de maniere que l'air n'y puiſſe point pénétrer; l'expérience, dis-je, démontre que l'eau ne s'élevera point dans la pompe, malgré les ſuccions réitérées du piſton; mais qu'elle s'y élevera auſſi tôt, ſi on donne entrée à l'air dans le réſervoir. Il arrive encore la même choſe lorſqu'on fait agir une pompe ſur tout autre fluide que ſur l'eau, avec cette différence que la preſſion de l'air l'éleve plus ou moins haut, ſuivant qu'il eſt plus ou moins peſant qu'un pareil volume d'eau. D'après ces obſervations, peut-on ſe refuſer à croire que c'eſt à la preſſion de l'air qu'on doit attribuer l'élévation de l'eau, ou de tout autre liquide, dans les pompes. Il ſuit de tout ce que nons venons de dire, que dès qu'il eſt démontré qu'une cauſe exiſte réellement dans la Nature, que c'eſt elle qui a opéré un phénomene quelconque, & qu'elle ſuffit à ſa production; il eſt inutile de recourir à une autre cauſe quelconque, quoiqu'il fût poſſible d'en imaginer une autre qui eût pû produire le même effet.

S'il arrive que la Nature, quelquefois jalouſe de ſes ſecrets, dérobe à nos recherches les cauſes des effets qu'elle nous permet de conſidérer, il convient alors d'avouer ſon inſuffiſance, plutôt que d'imaginer ſur-le champ quelques cauſes purement probables au premier abord, & de s'en ſervir pour tâcher de rendre raiſon des phénomenes qu'on ſe propoſe d'expliquer. Une ſcience ſimple, mais ſtable & certaine, eſt toujours préférable à une autre qui ſeroit incertaine, vague & erronée, quoiqu'elle fût établie ſur des fondemens ingénieuſement imaginés, & ornée d'argumens ſpécieux & propres à induire en erreur: cette vérité peut être confirmée par pluſieurs exemples. Quand je remue les doigts, ce mouvement eſt produit par l'action de certains muſcles qui ſe contractent: c'eſt un fait conſtant. Mais quelle eſt la cauſe de la contraction de ces muſcles? Seroit-ce la ſeule affluence de la partie rouge du ſang qui aborderoit dans les vaiſſeaux & dans les véſicules muſculaires, ainſi qu'on l'a prétendu? Non certainement, puiſqu'on remarque que les muſcles pâliſſent lorſqu'ils ſe contractent. Seroit-ce donc les eſprits animaux, qui, ſe portant avec rapidité dans les nerfs, exciteroient la contraction muſculaire? Ce ſentiment n'eſt pas mieux fondé que le précédent, puiſque ces eſprits animaux ſont des êtres chimériques, qui n'exiſtent pas: & comment d'ailleurs, en ſuppoſant leur exiſtence, pourroit-on concevoir leur maniere d'agir, puiſque les nerfs ſont des fibres ſolides & non vaſculeuſes, indépendammeut de l'autorité de pluſieurs Médecins, qui

ont

ont adopté l'un & l'autre fluide; ſavoir, le ſang & les eſprits animaux, pour expliquer l'action muſculaire ? En effet, on remarque conſtamment que ſi on pique, ou qu'on pince, ou qu'on preſſe, ou enfin qu'on irrite, de quelque maniere que ce ſoit, un des nerfs d'un animal vivant ou récemment mort, ou même appartenant à une partie ſéparée du tronc, auſſi-tôt on obſerve que tous les muſcles, dans leſquels ce nerf fournit des rameaux, ſe gonflent, ſe durciſſent, ſe contractent; & tous ces effets ont lieu, & s'operent de la même maniere qu'ils ont coutume de s'opérer naturellement dans le vivant: cette expérience peut ſe répéter avec le même ſuccès pendant pluſieurs heures; & lorſque la contraction du muſcle commence à s'affoiblir, on peut la rétablir en jettant de l'eau tiede ſur le nerf. L'huile de vitriol & l'électricité produiroient le même effet. Quelle eſt donc, dans cette occaſion, la cauſe de l'irritabilité des nerfs, des fibrilles muſculaires, enfin de la contraction de ces muſcles ? C'eſt ce que perſonne ne ſait encore: c'eſt pourquoi il convient, & on doit ſuſpendre ſon jugement & ne rien prononcer ſur cela, juſqu'à ce qu'on ait fait de nouvelles découvertes plus certaines & plus propres à déceler la cauſe de ces phénomenes. Je tiens, par exemple, un corps ſolide dans la main; j'ouvre la main, & le corps, abandonné à lui-même, tombe alors par terre: pour quelle raiſon ? C'eſt qu'il eſt grave. Mais ſi je veux pouſſer mes recherches plus loin & découvrir la cauſe de la gravité, je ſuis alors arrêté, & je ne trouve rien de certain & de démontré: je m'arrête donc auſſi-tôt; je ſuſpends mon jugement, & j'attends qu'un tems plus heureux me faſſe part de cette découverte: je ſais cependant, à n'en pouvoir douter, qu'il n'y a aucun effet dans la Nature qui n'ait une cauſe à laquelle il doit ſon exiſtence.

§. XXXII. C'eſt pour ces raiſons, que l'on doit proſcrire & éliminer de la *Phyſique* toutes les hypotheſes & les conjectures: tout ce qu'elles nous apprennent eſt vague & incertain, & ne doit point ſe ranger dans la claſſe des vérités démontrées. Outre cela il eſt conſtant que les hypotheſes ſervent plutôt à embarraſſer & à ſurcharger une ſcience, qu'à reculer ſes bornes: elles excitent des diſputes inutiles; les phénomenes en deviennent plus difficiles à ſaiſir; elles font négliger, & ſouvent même rejetter, les circonſtances les plus importantes qui accompagnent ces phénomenes: bien plus on en imagine de fauſſes, pour donner du poids & du crédit aux hypotheſes qu'on veut défendre; car parmi les Philoſophes, il s'en trouve pluſieurs qui ſont plus flattés par l'eſpérance d'une vaine gloire, qu'occupés de l'amour de la vérité: jaloux de ſe faire admirer, ils veulent paſſer pour être plus ſavans qu'ils ne le ſont véritablement: ils imaginent des opinions fauſſes, qu'ils ſoutiennent hardiment, & ils abuſent de la confiance de ceux qui ne ſont pas en état d'éviter l'erreur dans laquelle elles les entraînent.

Des gens de cette eſpece font plus de tort aux Sciences, qu'ils ne peuvent ſervir à leurs progrès. Les obſervations & les expériences ſont les ſeuls fondemens de la Phyſique. Lorſqu'on les examine d'une maniere géométrique, elles nous fourniſſent ſouvent le moyen de découvrir les cauſes des phénomenes que nous obſervons, de connoître toute l'intenſité & l'étendue de ces cauſes, ainſi que leurs propriétés: nous en avons un exemple dans les pompes dont on ſe ſert pour tirer de l'eau des lieux profonds; mais nous

ne pouvons pas toujours découvrir les causes des effets que nous observons: c'est pourquoi on ne peut expliquer que peu de choses dans la Physique. Cela fait, à la vérité, une doctrine *maigre* & stérile dans bien des points; mais aussi elle est sûre & incontestable. Celui qui s'attache aux observations & à l'expérience, & qui les répete avec toute l'attention qu'elles exigent, parvient à acquérir du dégoût pour les hypotheses & pour tout ce qui n'est que conjecture; car il découvre à chaque instant que les opérations de la Nature sont bien différentes des idées qu'il s'en étoit formées: il apprend que la véritable constitution des parties, & les qualités des corps, ne ressemblent en rien à ce qu'il avoit imaginé à cet égard; ce qui paroît évident, par les idées qu'on s'étoit formées sur les saveurs, sur la structure des rayons de la lumiere, &c.

§. XXXIII. Nous nous trouvons à chaque instant arrêtés par des difficultés insurmontables, dans la recherche des causes des différens phénomenes de la Nature; parceque nous n'avons jusqu'à présent aucune regle certaine, aucun moyen sûr qui puissent nous faire juger que nous soyons parvenus à suivre, sans interruption, toute la série des causes qui se précedent mutuellement, & que l'enchaînement de nos raisonnemens nous ait conduits de la premiere jusqu'à la plus éloignée des causes en commencement ce développement par la considération des phénomenes. Quand il arriveroit même que nous serions parvenus jusqu'à la derniere, qui ne dépend que de la seule puissance du Créateur, nous n'en comprendrions pas mieux pour cela la liaison qu'il y auroit entre cette cause & la Puissance divine qui l'auroit établie; parceque l'esprit de l'homme ne pourra jamais comprendre de quelle maniere Dieu, qui est un esprit infini, peut agir sur un corps.

L'Auteur de la Nature a su tellement soustraire à notre connoissance les moyens qu'il emploie pour régir l'Univers, qu'il n'est pas possible aux Philosophes de percer les ténebres épaisses qui les dérobent à leurs recherches. De-là, de quelque côté que nous portions nos regards, nous découvrons aussi-tôt les bornes de notre génie; de sorte que notre respect pour l'Etre suprême s'accroît à chaque instant, & que nous ne pouvons nous empêcher de reconnoître & d'avouer la distance infinie qui le sépare de la créature, lui qui est la source & l'origine de tous les effets, de leurs causes & de toutes les puissances quelconques; de sorte que nous ne pouvons ne nous pas soumettre de plein gré à tout ce qu'il nous a révélé dans les saintes Ecritures, & ne pas respecter bien des choses qu'elles contiennent, qui surpassent les lumieres qu'il a données à l'homme.

§. XXXIV. *Les effets de la nature, qui sont du même genre, reconnoissent les mêmes causes.*

C'est par le même moyen, & selon la même méchanique, que la respiration s'opere dans l'homme, & dans tout autre animal terrestre. La chûte des corps graves dépend de la même cause dans l'Europe, ainsi que dans toutes les régions de la terre. La diffusion de la lumiere & de la chaleur, soit du soleil, soit du feu de nos foyers, reconnoît les mêmes causes. La réflexion de la lumiere s'exécute de la même maniere par les planetes, que par les corps terrestres. Il en est de même de l'ombre que jettent derriere eux les corps opaques, soit qu'ils appartiennent à notre globe, soit qu'ils soient suspendus dans l'immensité des Cieux, tels que les planetes, &c.

Si des effets auſſi ſimples, & qui ſont les mêmes, dépendoient de différentes cauſes, il faudroit admettre pluſieurs cauſes pour produire les mêmes effets; ce qui eſt tout-à-fait contraire au génie de la Nature, ou plutôt à la ſageſſe infinie de l'Etre ſuprême. Car c'eſt opérer quelque choſe en vain, que de faire, par une complication de moyens, ce qu'on peut faire à moins de frais. Cependant quand les effets ſont compoſés, les cauſes peuvent être différentes, & on peut parvenir à les découvrir par une obſervation attentive. Par exemple, le vent d'*Eſt* peut venir de différentes cauſes : quelquefois le mouvement du Soleil & les vapeurs chaudes peuvent le produire : quelquefois il doit ſon origine au concours de deux autres vents : ſavoir, l'*Aquilon* & le vent du *Midi*. Quelquefois l'équilibre de l'air étant rompu ou troublé dans la partie occidentale de l'athmoſphere, le vent d'Orient s'éleve alors. D'autres fois il ſe trouve encore d'autres cauſes particulieres dans la partie orientale du Ciel qui l'excitent & le produiſent : par exemple, un eſpace libre entre des montagnes ſuffit pour déterminer un courant d'air, &c. C'eſt pourquoi on doit uſer de beaucoup de prudence lorſqu'il s'agit de diſtinguer les cauſes ſimples de celles qui ſont compoſées.

§. XXXV. *Les qualités des corps qui ne ſouffrent ni du plus ni du moins, & qui conviennent à tous les corps, que nous pouvons ſoumettre à l'expérience, doivent être regardées comme des qualités générales des corps.*

Quelques corps qui ſe préſentent à nos recherches, ſoit céleſtes, ſoit terreſtres, grands ou petits, ſolides ou fluides, tous ces corps nous paroiſſent & ſont réellement étendus : nous pouvons donc conclure avec certitude, que tous les autres, ceux que les entrailles de la terre recelent, ceux que nous ne verrons & que nous ne toucherons jamais, ſont pareillement étendus; puiſque, conjointement avec les autres, ils concourent à former l'étendue du globe terreſtre. Mais l'étendue des parties de la matiere ne ſouffre jamais aucune augmentation; le volume d'un corps peut bien augmenter, par la raréfaction de ſes parties intégrantes, mais l'étendue des parties matérielles n'augmente pas pour cela. Par exemple, concevez un pouce cubique de matiere totalement ſolide; que toute ſa ſubſtance devienne parſemée de pores, & qu'il ſe raréfie de maniere que ſon volume ſoit cent fois plus grand : quelque grand que ſoit ce volume, il ne contiendra néanmoins qu'un pouce cubique de matiere ſolide, & ſon étendue en ſolidité ne ſera point augmentée : que cette maſſe raréfiée ſoit comprimée & qu'elle ſoit réduite à un plus petit volume, on retrouvera encore un pouce cubique d'étendue matérielle; cette étendue ne ſera point diminuée : d'où on peut conclure que l'étendue doit être rangée parmi les propriétés générales de la matiere. Pareillement ſi tous les corps que nous avons conſidérés & examinés ſont figurés, impénétrables & inactifs, nous pouvons conclure que ceux ſur leſquels nous n'avons pas encore porté nos recherches, ſont également figurés, impénétrables & inactifs; car ces propriétés ne ſouffrent ni plus ni moins : elles ne peuvent être augmentées ni diminuées.

Si tous les corps qui ſont placés ſur la ſuperficie de la terre ont une tendance qui les maîtriſe vers ſon centre, ſi la Lune gravite vers la terre, & que celle-ci ait auſſi une gravitation vers la lune; ſi les planetes, ainſi que les cometes, ſont ſoumiſes à la même loi, & qu'elles aient toutes une ten-

dance mutuelle les unes vers les autres, & vers le centre du Soleil; si le soleil lui-même est maîtrisé par la même force, & qu'il gravite vers les corps céleſtes dont nous venons de parler, on pourra conclure univerſellement *que tous les corps qui ſont partie du ſyſtême planétaire, gravitent les uns vers les autres, & que l'attraction eſt une propriété générale de la matiere.*

Mais ſi on remarque que certaines propriétés s'affoibliſſent & diminuent avec le tems, elles pourront, par cette raiſon, diſparoître tout-à-fait; de ſorte qu'on ne doit point les ranger parmi les propriétés générales de la matiere: par exemple, de ce que la tranſparence du verre & de quelques autres corps s'affoiblit inſenſiblement & à la longue; de ce que la chaleur diminue par degré dans les corps, on peut croire que ces deux qualités pourront être totalement détruites; d'où il ſuit que, ni la tranſparence, ni la chaleur, ne peuvent être rangées parmi les propriétés générales de la matiere. Et c'eſt de cette maniere que pluſieurs qualités que nous appellons ſenſibles, conviennent à la matiere.

§. XXXVI. *Les propoſitions que l'on déduit des phénomenes que l'on obſerve dans la Philoſophie expérimentale, peuvent être regardées comme abſolument vraies, ou au moins comme approchant très fort de la vérité, nonobſtant les opinions contraires qui paroiſſent les détruire; juſqu'à ce qu'on ait découvert de nouveaux phénomenes qui concourent à les établir plus ſolidement, ou qui indiquent les exceptions qu'il y faut faire.*

En effet l'examen des nouvelles découvertes doit toujours ſe faire par la voie de l'*analyſe*, avant d'employer la méthode *ſynthétique*. Par le moyen de l'analyſe, on raſſemble tous les phénomenes & tous les effets de chaque choſe, qui ſe préſente à nos recherches. Cette méthode nous conduit ſagement, & autant que faire ſe peut, à la connoiſſance des puiſſances & des cauſes de tous les effets que nous obſervons. De l'examen des phénomenes, ſuivent immédiatement des propoſitions qui ne ſont d'abord que particulieres, mais qui deviennent enſuite univerſelles par induction: par exemple, lorſque je connois que le feu ordinaire de nos foyers, & que celui du ſoleil ont la propriété de raréfier l'or, j'établis auſſi-tôt cette propoſition ſinguliere: *le feu raréfie l'or*; mais ſi enſuite, portant mes recherches plus loin, je découvre que le feu produit le même effet ſur les autres métaux, ſur les demi-métaux, ſur pluſieurs foſſiles, ſur les parties animales & ſur les végétaux, alors j'établis cette propoſition univerſelle: *le feu a la propriété de raréfier tous les corps*; & cette propoſition, toute générale qu'elle ſoit, doit être reconnue pour vraie. Continuant encore mes recherches, ſi je trouve quelques corps qui réſiſtent à l'action du feu, & qui ne ſe dilatent point, ou que j'en obſerve quelques-uns, qui, au lieu de ſe dilater, ſe reſſerrent & ſe renferment dans de plus petites bornes, ma propoſition générale n'en ſera pas moins vraie pour cela; mais elle ſouffrira une exception relativement aux ſubſtances dont nous venons de parler. De ce que nous obſervons conſtamment que ſi on fond pluſieurs métaux enſemble, le mêlange formera une maſſe plus dure que chaque métal en particulier, nous concluons en général, que *les métaux hétérogenes ſont plus durs que les métaux homogenes*: or comme on obſerve auſſi que l'alliage de l'étain fin d'Angleterre avec celui de Malac forme une maſſe moins dure, cette obſervation donne

lieu à une exception qui restreint l'étendue de la proposition universelle. Cette exception a encore lieu dans le mêlange de plusieurs métaux, selon certaines proportions; la masse qui en résulte forme un mixte d'une moindre solidité que ses parties constituantes : aussi dans tous ces cas doit-on indiquer ces exceptions, ainsi que leurs bornes.

§. XXXVII. Ayant beaucoup avancé dans ses recherches, par la voie de l'analyse, & ayant découvert par son moyen les causes de plusieurs phénomenes; c'est alors qu'il est permis de mettre en usage la méthode contraire, c'est-à dire, la méthode synthétique. On se sert de ce moyen, lorsqu'ayant déja découvert plusieurs causes, & que, les ayant mises dans toute leur évidence, on les regarde comme des principes certains, propres à développer les phénomenes qui y ont rapport. Par exemple, lorsque j'ai découvert que les corps que l'on soumet à l'action du feu se laissent pénétrer par la matiere ignée, & que le feu, se développant & agissant en toute sorte de sens, les dilate, je conclus qu'une pierre que je tiens en main se dilatera si je l'expose à l'ardeur du feu : & chaque fois que je me propose de dilater un corps & d'augmenter son volume, j'ai recours au feu comme à une des causes que je reconnois pour être propres à produire cet effet. Les Philosophes ne font en cela que suivre la méthode des Mathématiciens, qui procedent d'abord par la voie de l'analyse, lorsqu'il s'agit de découvrir des choses difficiles & inconnues, & qui n'ont recours à la synthese qu'après avoir profité des secours de l'analyse.

§. XXXVIII. Il n'est guere possible, dans la Philosophie, de porter ses recherches plus loin : cependant on tâche d'employer utilement l'analogie pour augmenter le nombre des connoissances philosophiques. En supposant, par exemple, une harmonie établie entre les différentes parties de l'Univers, & que les qualités que nous savons appartenir aux substances que nous connoissons, appartiennent également à celles que nous n'avons pas encore examinées; nous jugeons que les propriétés que nous découvrons dans les corps céléstes, conviennent également aux corps sublunaires, & alternativement. Bien plus, dans la conduite ordinaire de la vie, nous raisonnons souvent par analogie, & nous conformons nos actions à ces raisonnemens. Par exemple, nous marchons aujourd'hui avec tranquillité sur un terrein sur lequel nous vimes plusieurs personnes se promener hier; nous mangeons aujourd'hui d'un mets, parceque nous le trouvâmes bon hier, & que nous éprouvâmes que c'étoit une bonne nourriture.

Ce fut conformément à cette méthode que *Hermès* établit sa Philosophie, & plusieurs Philosophes modernes l'ont imité en cela. Cependant il est bon d'observer qu'on ne doit se servir de l'analogie qu'avec prudence, si on veut éviter l'erreur où cette méthode peut conduire, & qu'il ne faut pas toujours se confier aveuglément à un raisonnement qui ne seroit établi que sur l'analogie; parceque la Nature n'agit pas toujours de la même maniere dans la production des effets semblables, mais composés. Par exemple, de ce que plusieurs especes de mouches sont ovipares, est-ce une raison suffisante pour conclure qu'elles le sont toutes? Le célebre M. *de Reaumur* en a découvert plusieurs, dont il nous a donné une très belle description, qui

font vivipares. De ce que plusieurs animaux périssent lorsqu'on leur coupe la tête, est-ce une raison suffisante pour conclure que tous ceux à qui on coupera la tête mourront ? non certainement, & on sait actuellement qu'il y en a plusieurs, tels que les polypes de riviere & plusieurs autres encore, qui survivent à cette opération. De ce que le concours du mâle & de la femelle est nécessaire pour la propagation de plusieurs especes, ce n'est pas une raison suffisante pour conclure que cet accouplement soit nécessaire pour la propagation de tous les insectes. On trouve plusieurs animaux qui sont hermaphrodites ; on en trouve d'autres qui, quoique femelles, ont la faculté d'engendrer jusqu'à cinq fois sans le concours du mâle. De ce que les rameaux de presque toutes les plantes s'élevent en haut & ne retombent point vers la terre, est-ce une raison d'affirmer que le gui de chesne suit la même direction dans son accroissance? Non certainement ; car l'expérience démontre qu'il croît & qu'il se dirige en toute sorte de sens (1). Dans l'hiver, une forte gelée s'oppose à l'accroissance des plantes ; l'agaric néanmoins continue à pousser. D'où il paroît qu'on ne doit point faire usage, ou au moins qu'on ne doit user qu'avec la derniere circonspection, de l'analogie, ainsi que *Needham* nous le conseille fort prudemment (2).

§. XXXIX. L'homme tire de la Physique des secours sans bornes pour toutes les commodités de la vie : c'est une vérité incontestable, & qu'on peut démontrer aisément, par des exemples familiers, tirés de la conservation des choses les plus précieuses & les plus utiles à l'homme. Par exemple, voulez-vous garantir sûrement vos habits & vos soieries contre les teignes, les mites & les autres animaux qui pourroient les endommager ; vous y parviendrez, si vous placez entre ces étoffes des cartons imbus d'huile de cedre (3) ou de térébenthine, ou en plaçant entre les choses que vous voulez garantir, des cuirs rouges de Prusse, qui répandent une odeur forte, ou des toisons de brebis, ou enfin en exposant ces différentes choses à la fumée du camphre que vous ferez brûler (4).

Le bois enduit de vitriol mêlé avec du verd-de-gris n'est point exposé à être rongé par les vers ni par les mites ; on le conserve en le couvrant de poix, d'huile de terre, ou en le plaçant sous l'eau.

Le célebre M. de *Réaumur*, qui sentit toute l'utilité de conserver long-tems les œufs des oiseaux, & sur tout des poules, donna tous ses soins à cette recherche, & il parvint au but qu'il se proposoit en suivant la méthode qu'il nous prescrit. J'ai observé que des œufs que j'avois gardés pendant l'espace de quatre années dans de l'huile de raves, s'étoient conservés très frais : car en les faisant cuire dans l'eau, ils y durcirent ; & lorsque j'ouvris la coque, ils flatterent encore l'odorat & le goût. Ils ne se gardent pas si long-tems dans la graisse de bœuf ; si on les plonge dans l'huile de lin & de térébenthine, ils y contractent une mauvaise odeur propre à donner des nausées à ceux qui les mangeroient. Ils se pourrissent dans la saumure, dans le lait, dans l'émulsion de myrrhe, dans l'infusion d'aloës, de racine de serpentaire de Virginie, dans la décoction

(1) Bonnet, sur l'usage des feuilles, pag. 91. (2) Philos. Trans. N°. 490. (3) Vitruvius, Lib. 2. Cap. 9. (4) Comm. Bonon. Vol. 3. pag. 80.

de quinquina, de contrayerva, ou dans celle de terre de Cachou. Si on les enduit de cire, cet enduit, ayant une certaine épaisseur, se fend, & ne peut garantir l'œuf de la pourriture; de sorte que dans toutes les épreuves que j'ai faites jusqu'à présent, je n'ai rien trouvé de préférable à l'huile de raves : peut-être pourra-t-on, par la suite, trouver quelqu'autre substance plus avantageuse.

La recherche des anti-septiques est encore un des principaux objets d'un Philosophe : c'est par leurs moyens qu'on parvient à conserver, pendant plusieurs années, les viandes, les poissons, & quantité de provisions de bouche. *Pringle* a fait sur cette matiere des découvertes très curieuses; ce fut lui qui le premier détermina les degrés de forces des *anti-septiques*.

Il a trouvé cette vertu = 1 dans le sel; dans le tartre vitriolé = 2; dans le sel ammoniac = 3; dans le nitre = 4; dans le borax = 12; dans l'alun = 30. La décoction d'écorce de quinquina, ainsi que celle de camomille Romaine a la vertu de s'opposer à la putréfaction (1). Peut-on souhaiter rien de plus utile que de pouvoir conserver long-tems de l'eau douce, & de bonne qualité, dans les voyages qu'on fait sur mer? M. *Halle* est parvenu, avec succès, à cette heureuse découverte, en versant de l'huile de vitriol dans les tonneaux.

Nous nous étudions tous les jours à conserver des herbes pour l'hiver, ou pour l'arriere saison, & à faire enforte qu'elles conservent toujours leur fraîcheur : nous tâchons pour cela de les garantir de la corruption & de la fermentation. On y parviendra, si on les entoure d'une grande quantité de sel. C'est de cette maniere qu'on conserve toute une année la chicorée, la laitue, le pourpier, &c. On parvient encore à conserver les féves & les autres légumes en les faisant sécher, avec attention, dans des fours : on conserve plusieurs fruits en les faisant cuire dans du syrop, & en les mettant dans de l'esprit de vin.

2°. On ne peut trop avoir d'obligation à ceux qui ont donné tous leurs soins à imaginer des moyens propres à conserver le bled & toute autre espece de grain, à empêcher qu'il se pourrisse, ou qu'il contracte aucune mauvaise qualité dans les greniers. MM. *Halles*, *Deslandes*, *Duhamel* ont sur-tout excellé dans ces recherches (2). Lorsqu'on crible le bled pour en retirer la poussiere, les mites, ou toute autre mauvaise graine, il faut avoir soin de le faire sécher en le mettant dans un grenier, dans lequel on allume un poële; lorsqu'il est bien sec, il faut l'étendre sur un plancher parsemé de petits trous, ayant eu auparavant la précaution de couvrir le plancher d'une étoffe de laine qui puisse empêcher les grains de passer à travers les petites ouvertures : si au dessous de ce premier plancher on en établit un second, qui soit à très peu de distance du premier, on pourra, à l'aide de quelques soufflets placés dans cet intervalle, injecter une certaine quantité d'air, qui, se faisant jour à travers les ouvertures dont nous venons de parler, & l'étoffe qui les couvre, se tamisera entre les grains de bled, & achevera de les sécher, & les préservera de la moisissure, des mites, &c : il faut, outre cela, avoir soin de pratiquer de petites ouvertures dans le

(1) Philos. Trans. n°. 496. (2) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1745 & 53.

plafond du grenier; l'air s'échappant par ces iſſues, lorſqu'il ſe dilatera, emportera avec lui l'humidité & ſe renouvellera. Le ſavant M. *Duhamel* a encore perfectionné la maniere de ſemer les grains & de les conſerver; de ſorte qu'on eſt parvenu à rendre une moiſſon très abondante avec une très petite quantité de ſemence. *Bonet* a démontré que les ſemences & les plantes croiſſoient plus avantageuſement dans des couches de mouſſe d'arbres fortement preſſées les unes ſur les autres, que dans la meilleure terre, bien préparée & bien fumée (1). Nos Jardiniers de Leyde ont mis cette pratique en uſage depuis l'année 1736. M. *Halles* s'eſt ſur tout appliqué à rendre ſes travaux utiles aux Marins. Il eſt parvenu à purger l'eau de la mer du ſel & du bitume qui en défendent naturellement l'uſage, & par ce moyen il l'a rendue très potable: on parvient ſouvent à cet avantage en jettant dans cette eau, de la chaux ou de la craie, & en la diſtillant enſuite.

Les Marins étant pour l'ordinaire peu attentifs à ce qui peut entretenir la propreté dans les vaiſſeaux; il arrive ſouvent que la mauvaiſe odeur qu'ils contractent affecte ceux qui les habitent, & leur occaſionne différentes maladies: pour obvier à cet accident, M. *Halles* a imaginé des ventilateurs propres à chaſſer l'air corrompu des vaiſſeaux & à les renouveller d'un air pur & ſalubre; ce qui n'eſt pas un petit avantage pour ceux qui ſont obligés d'aller ſur mer. M. *Halles* & M. *Duhamel* ſe ſont encore appliqués à la maniere de renouveller l'air des Hôpitaux & des priſons, & à en chaſſer celui qui s'y corrompt par les différentes exhalaiſons qui s'y élevent. Le premier eſt parvenu à ce but par le moyen des ſoufflets, & le ſecond à l'aide du feu & des fenêtres qu'il y fait pratiquer.

M. *de Réaumur*, conſultant le goût de l'homme & ce qui peut contribuer aux délices de ſa table, nous a appris le moyen de faire éclore facilement & ſans peine des poulets, en faiſant couver les œufs dans du fumier de cheval.

3°. L'invention des différentes machines propres à ſoulager l'homme dans ſes travaux, nous met encore ſous les yeux l'utilité de la Phyſique: en effet les Méchaniciens ont imaginé des meules qui peuvent être miſes en mouvement par l'eau, par le vent, par des chevaux & par d'autres animaux, à l'aide deſquelles on fait aiſément, & avec une dépenſe très modique, ce qu'on ne pouvoit faire autrefois qu'avec le ſecours de bien des bras & avec de grands frais.

Les meules que le vent ou l'eau font mouvoir, ſervent à moudre le bled, à piler le plâtre, à broyer les couleurs que les Peintres & les Teinturiers emploient, à former une eſpece de pâte liquide avec de vieux linge, dont on ſe ſert enſuite pour faire du papier. On trouve en Hollande un grand nombre de moulins qui ſervent à ſcier le bois en planches & en ſolives, qui coupent le marbre par tablettes, &c. On deſſeche les terreins bas avec d'autres eſpeces de moulins, dont les uns ſont munis d'aîles, & les autres de vis d'Archimede, & qui ont été beaucoup perfectionnés de nos jours par d'habiles Artiſtes. Par le ſecours de ces mêmes inſtrumens on retire, des mines les plus profondes, des eaux, des minéraux, des ſels,

(1) Mém. de Math. & de Phyſ. Tom. 1. pag. 420.

L'Art eſt parvenu à imaginer des machines, à l'aide deſquelles nous pouvons élever juſqu'à la plus grande hauteur, & avec peu de force, des fardeaux énormes : on a imaginé depuis peu en Angleterre une eſpece de mouton, avec lequel quatre chevaux font le même ouvrage que trente qu'on étoit obligé d'employer auparavant. A l'aide des métiers qu'on a inventés, on fait, & en très peu de tems, une centaine de rubans à la fois ; on fabrique, & ſans beaucoup de peine, des bas & des bonnets de laine. Les horloges d'Hughens ſont d'une très grande exactitude ; en un mot, les lunettes, les téleſcopes, les microſcopes, les machines pneumatiques, &c. toutes ces machines ſont le fruit des travaux des Phyſiciens.

4°. La Phyſique eſt encore d'une grande utilité pour l'intelligence des Arts & pour étendre leurs progrès ; car ils n'en font pas ordinairement de bien rapides, parceque la plus grande partie des ouvriers ne conçoivent pas ce qu'ils font : ils ſuivent préciſément la méthode qui leur a été tranſmiſe par leurs Ancêtres. D'autres, à la vérité, font quelques découvertes ; mais ils ont ſoin de les cacher, & d'en faire un ſecret dont la connoiſſance puiſſe être utile à leur famille : & pour l'ordinaire, c'eſt plutôt au haſard qu'à l'intelligence de leur art, qu'ils ſont redevables de ces découvertes. Par exemple, le Tanneur qui ſe propoſe d'endurcir le cuir qu'il prépare, s'y prend de différentes manieres : dans la Hollande, après l'avoir bien dépouillé des poils, il le met dans une foſſe en l'enveloppant de tan fait avec de l'écorce de bois de chêne réduite en pouſſiere : dans la Calabre & dans l'Etrurie, on l'enveloppe de feuilles de myrte, ſelon la méthode des Anciens, qui ſe ſervoient de feuilles qu'on appelloit *ῥοῦν βυγσοδεψικὸν* (1). Dans l'une & dans l'autre méthode on poſe les cuirs & le tan dont on les entoure couche ſur couche : après l'eſpace de quelques mois, on retire le cuir de la foſſe, on le lave & on le remet encore au tan, & cela ſix ou ſept fois dans l'eſpace de deux ou trois ans ; alors ce cuir eſt parfaitement nettoyé, deſſéché, endurci, & propre à faire de bons ſouliers : mais l'ouvrier qui ſait le préparer ainſi, ne ſait pour quelle raiſon il s'endurcit. L'écorce de chêne contient une grande quantité d'eſprit acide, de ſel acide & d'huile ; l'acide préſerve la peau de la corruption : outre cela le tan a une vertu aſtringente qui reſſerre les fibres, leur donne du reſſort & les endurcit ; & l'huile, par ſa vertu balſamique, les conſerve pendant pluſieurs années : & c'eſt la véritable raiſon du phénomene que nous venons d'expoſer. Depuis quelques années, le tan, étant devenu exceſſivement cher, parcequ'on a abattu en Allemagne de très grandes forêts, & que le chêne eſt très rare, *Cl. Cleditſch* a fait des recherches pour découvrir d'autres plantes qu'on pût ſubſtituer au tan. L'expérience lui a appris qu'il falloit préférer les plantes aſtringentes & acides qui ſeroient tout-à-la-fois ſpiritueuſes & aromatiques ; parceque leurs parties ſe font jour entre les pores du cuir, ce que des parties huileuſes & mucilagineuſes ne pourroient pas faire. Il nous a donné un Catalogue très détaillé de ces ſortes de plantes, avec la maniere de faire de bons cuirs (2).

(1) Salmaſius in Homonymis, Cap. 58, pag. 74. (2) Hiſt. de l'Acad. de Berlin, ann. 1754, pag. 17 & 124.

Le Serrurier rencontre quelquefois un fer rempli de filets très durs qu'il ne peut forger & limer qu'avec beaucoup de peine : la maniere de remédier à ce défaut n'est connue que d'un très petit nombre ; parcequ'ils ignorent que ce vice procede d'un défaut de phlogistique : car s'ils en étoient instruits, ils sauroient qu'en entourant ce fer d'une pâte faite de charbon de bois, de graisse, de crottin de cheval & d'argille, & qu'en laissant le tout pendant quelques heures dans le feu, ils parviendroient à impregner ces filets, d'huile& de phlogistique; car le fer qui est imbu d'huile devient mol, homogene & ductile. Si, outre l'huile & le phlogistique, on fait passer du sel entre les parties du fer, on le convertit alors en acier, qui redevient fer ensuite, lorsqu'on le prive de l'huile qu'il contenoit.

5°. La Physique est encore d'une grande utilité dans la Médecine ; puisque le corps de l'homme est une machine composée de leviers, de coins, de poulies, & de toutes les autres puissances méchaniques. Nos membres sont mis en mouvement par la contraction des muscles, qui sont comme des puissances appliquées à des leviers ; & leur insertion aux os qu'ils doivent mouvoir, est telle, qu'ils produisent des effets considérables avec le plus petit effort. Outre cela le corps de l'animal est une machine hydraulique, dont on ne peut acquérir la connoissance que par celle qu'on peut avoir du mouvement des fluides qui circulent dans des canaux moux & élastiques. Le Chirurgien appelle à son secours, & emploie toutes sortes de machines pour les différentes opérations qu'il est obligé de faire sur le corps de l'homme : il se sert de leviers, de poulies, de coins, de vis, &c. Bien plus, ce n'est que par la connoissance des principes de la Physique,qu'on parvient à découvrir la force & l'action de plusieurs médicamens. Ce fut pour cette raison qu'*Hippocrate*, *Bellini*, *Pitcarne*, *Borelli*, *Boherrhaave*, *Keill*, & que tous les plus célebres Médecins, recommanderent toujours la science des machines.

6°. La Physique nous met au-dessus de cette stupide & inutile admiration qu'on a ordinairement pour certains phénomenes ; parcequ'elle les remarque ou qu'elle les explique : car nous ne sommes jamais surpris des choses que nous connoissons ; mais seulement de ce qui nous paroît nouveau, de ce dont nous n'avons jamais entendu parler, de ce que nous n'avons jamais vu, & dont nous ne connoissons pas le rapport avec les choses qui nous sont connues. Mais celui qui a étudié & qui a fait de grands progrès dans la Physique, découvre aussi-tôt la chaîne qui unit les phénomenes nouveaux avec ceux qu'il connoissoit auparavant, & il ne se laisse point surprendre d'admiration. Telle est la différence que l'on doit mettre entre le Physicien & le peuple qui n'a aucune notion de cette science : le premier n'admire rien, si ce n'est cet Etre suprême, infini, qui a formé toutes choses de rien ; tandis que le peuple est étonné & surpris de tout ce qui lui paroît nouveau.

7°. La Physique éloigne de nous cette crainte de la mort que le tonnerre porte ordinairement dans le cœur de l'homme ; parceque le Physicien sait que ce n'est qu'un effet naturel : que ce n'est qu'une explosion de nuées électriques : il sait qu'il est très rare qu'un homme soit frappé de la foudre : car on a remarqué que, dans l'espace d'un siecle, il n'y en a eu qu'un seul

qui en ait été frappé dans Leyde, qui eſt une Ville très grande & très peuplée. On a remarqué bien plus, que dans toute la Hollande ces événemens ſont rarement mortels.

8°. Le Phyſicien ne ſe laiſſe point épouvanter, quoiqu'il ne connoiſſe pas la cauſe de bien des choſes qui ont coutume de ſaiſir d'effroi la plus grande partie de ceux qui les obſervent. Par exemple, ces cometes à grande queue qui paroiſſent quelquefois dans les cieux, n'étonnent point le Phyſicien; il ſait que ce ſont des corps qui ſubſiſtent toujours: ſemblables aux planetes, elles font leurs révolutions dans des tems réglés, & elles ne lui préſagent aucun malheur. Il n'en eſt pas ainſi à l'égard de ceux qui n'ont aucune connoiſſance de la Phyſique: ſaiſis d'effroi à l'aſpect de ces cometes, ils les regardent comme des indices certains de fâcheux événemens, comme de la peſte, de la guerre: ils les regardent comme des fléaux du Ciel qui menacent la tête des Princes; & pluſieurs même s'étudient à maintenir le peuple dans ces idées, & ſe ſervent de ce moyen pour le contenir dans ſes devoirs.

9°. La Phyſique nous empêche de donner dans toutes les ſuperſtitions auxquelles les Gentils étoient autrefois ſottement attachés: elle nous apprend qu'on ne doit reconnoître pour vrai, parmi toutes les choſes qui ſe préſentent à nos recherches, que celles qui ont été ſoumiſes à un examen ſérieux, & qui n'ont rien de contraire à la ſaine raiſon. En effet, *Q. Minucius* ayant écrit qu'un cheval étoit venu au monde avec cinq jambes, & que trois poulets étoient ſortis de leurs coques munis chacun de trois pattes; ſur ces entrefaites le Proconſul *Sulpicius*, ayant reçu des lettres de Macédoine, dans leſquelles on lui marquoit entr'autres choſes, qu'un laurier étoit ſorti de la poupe d'un grand vaiſſeau: le Sénat délibéra qu'en faveur des premiers prodiges, les Conſuls immoleroient aux Dieux de plus grandes victimes: les Aruſpices furent mandés au Sénat, au ſujet du dernier prodige; & en conſéquence de leur réponſe, on ordonna un jour de fête & des ſacrifices dans tous les Temples (1).

Nous voyons ſouvent des poulains, des veaux, des chiens qui naiſſent avec cinq & même avec ſix jambes; mais voyons-nous pour cela qu'il en arrive de fâcheux accidens? Eſt-ce un moyen dont l'Auteur de la Nature ſe ſoit jamais ſervi pour annoncer à l'homme ſa colere, & pour le menacer de quelque malheur? Non certainement; car pour quelles raiſons pourrions-nous imaginer que ces phénomenes auroient la propriété de ſignifier quelques menaces & de préſager des malheurs futurs? Qu'ont de commun avec la police des peuples, avec les calamités qui affligent continuellement tous les hommes, avec ces fléaux qui frappent tantôt telle Nation, tantôt telle autre; qu'ont de commun, dis-je, avec toutes ces choſes, ces monſtres dont nous venons de parler? Bien plus, comment ſeroit-il poſſible que le vol ou le chant des oiſeaux pût révéler à l'homme les choſes futures? Comment peut-on s'imaginer que l'on doit juger ſainement du malheur ou de la proſpérité d'une guerre, d'une navigation, d'un voyage, par l'avidité avec laquelle des poulets auront mangé un morceau de chair qu'on leur aura préſenté, ou par le refus qu'ils auront fait d'y toucher? Les oi-

(1) Livius, Lib. 32, Cap. 1.

ſeaux auroient-ils, par préférence aux hommes les plus éclairés, la connoiſſance de l'avenir? ou Dieu ſe ſerviroit-il de leur miniſtere pour révéler les choſes futures? Comment d'ailleurs pourroit-on s'aſſurer de la vérité de ce qu'ils annonceroient? Que ſignifie un poumon coupé par le couteau du Sacrificateur? Quelle liaiſon ont avec les événemens futurs les entrailles d'une victime endommagées, ou non, par le glaive ſacré? Que peuvent-elles nous indiquer de certain pour l'avenir? Auſſi les plus ſages d'entre les Romains connoiſſoient-ils bien la fauſſeté de toutes ces prédictions; ils s'en moquerent; ils n'eurent point recours à toutes ces ſuperſtitions, & ils s'inſcrivirent en faux contre tout ce qu'elles annonçoient, comme il paroît par les Ouvrages de *Cicéron* (1) & de *Minucius Felix* (2). Les Amériquains d'aujourd'hui, ceux qui habitent les Iſles Antilles, ſont auſſi livrés à de pareilles ſuperſtitions. Ils imaginent que les diables habitent dans les os des morts. De-là ceux qui veulent enchanter les autres, répandent ſur des os humains quelque breuvage propre à produire un enchantement; ils enveloppent enſuite ces os avec du coton, & ils s'imaginent que celui qui a été enchanté, perd auſſi-tôt ſes forces, qu'une fievre lente le mine inſenſiblement, & qu'il périt enfin, ſans qu'il ſoit poſſible d'apporter aucun remede à la maladie qui le conduit à la mort. Ils penſent encore que, ſi on répand du ſang d'une perſonne qui auroit été tuée, ſur un de ſes os, l'aſſaſſin tombera en langueur, & qu'une fievre lente le conſommera & le conduira au tombeau (3).

Qui pourra ajoûter foi à des fables auſſi ridiculement inventées, & donner dans des ſuperſtitions auſſi groſſieres? Quelle vertu peuvent avoir le ſang & les os d'un homme mort? Comment peut il agir ſur un homicide qui peut être éloigné de plus de cent milles de l'endroit où ſe fait l'enchantement? Comment pourroit-il arriver qu'un os de mort enveloppé de quelque choſe qui appartient à un autre homme, puiſſe agir ſur ce dernier, & lui cauſer une fievre lente qui le faſſe mourir? On ne voit rien de ſemblable à cela dans l'Europe.

Un Gouverneur de la Martinique ayant trouvé dans un réduit des os de mort que les Indiens avoient enveloppés de coton, ordonna qu'ils ſeroient tranſportés en France, & qu'on en feroit préſent au Duc d'Orléans, qui les feroit placer parmi les différentes curioſités que l'on conſervoit dans ſon Cabinet. Le vaiſſeau qui en étoit chargé fut pris par les Eſpagnols, & fut conduit en Eſpagne: on trouva dans la fouille qu'on fit de ce vaiſſeau, les os dont nos venons de parler: on accuſa le Capitaine François de magie, on le mit en priſon; & ſi ſon innocence n'eût pas été bien conſtatée par des lettres que le Gouverneur de la Martinique envoyoit au Duc d'Orléans, on l'eût condamné au feu comme Magicien.

Thomas Shaw, voyageant en Afrique, & paſſant près du fleuve Zanate, entendit réſonner, ſous les pieds des chevaux, le terrein qui étoit creux endeſſous; les Arabes prétendoient que ce ſon n'étoit autre choſe que la muſique des Nymphes qui habitoient ces endroits (4). Les Mahométans & les

(1) Lib. 2. de Divinat. (2) Minut. Felix, Cap. 26. p. 263. (3) Dutartre, Hiſt. des Antilles, T. 2. Traité 7. Ch. 3. p. 370. (4) Travels to Barbary, p. 232.

Maures ne font pas exempts de ces fuperftitions ; ils pendent aux cols de leurs enfans une image qui a les bras étendus, qu'ils regardent comme un préfervatif contre les maladies des yeux. Les adultes portent fur eux un paffage de l'Alcoran, pour fe garantir de toute efpece d'enchantement, même du lien de Vénus ; efpece de Maléfice dont les Poëtes anciens ont fait fouvent mention. Nous lifons à cet égard dans Virgile la maniere de former ce lien : Amaryllis, ferrez de trois nœuds les bandelettes de trois couleurs ; ferrez-les promptement, & dites : Je ferre les nœuds des Amans (1). Les Orientaux, les Perfes, les Indiens, les Chinois & les Japonois, font encore attachés à de grandes fuperftitions, auxquelles ils renonceroient fur-le-champ, s'ils favoient raifonner auffi bien que nous.

10°. La Phyfique nous apprend encore la maniere de nous garantir contre toutes fortes de préjugés : elle nous donne des regles pour examiner les différens fentimens qui fe produifent dans l'Ecole, afin que nous puiffions éviter l'erreur. Il y a quelques années qu'il fe répandit un bruit qui fit impreffion fur bien du monde : on difoit que tous les uftenfiles de cuivre & de fimilor étoient dangereux & nuifibles à la fanté de ceux qui en faifoient ufage : fur-le-champ on défendit le fervice des marmites, des plats, & de tous les autres uftenfiles qui étoient faits de ces matieres. Fit-on bien ? Nullement ; car le célebre M. *Eller*, ayant examiné ce fait avec toute l'attention requife, découvrit que l'eau pure que l'on faifoit bouillir dans un vafe de cuivre, ne diffolvoit & ne fe chargeoit d'aucune partie métallique : que la faumure ne s'en chargeoit que très foiblement : mais que les poiffons, les viandes & les légumes que l'on fait cuire dans l'eau avec du fel, ne détachent aucune des parties métalliques des vafes qui les contiennent. Il en eft de même du lait & des mets que l'on fert communément fur nos tables. On ne peut néanmoins difconvenir que le vinaigre, le jus de citron ne diffolvent le cuivre, & que le lait & les autres mets qu'on laiffe féjourner longtems dans des vafes de cette matiere, n'en diffolvent quelques parties : ainfi que *Scheuchferus* l'a obfervé dans un Monaftere où plufieurs Moines moururent ayant été empoifonnés par le verd-de gris que les alimens avoient porté dans leurs eftomacs & dans leurs inteftins : il faut cependant obferver que la diffolution du cuivre s'opere très lentement, & nous pouvons nous garantir aifément de pareils accidens (2).

(1) Virgil. in Egl. 8. v. 77.

(2) Je crois qu'on ne peut être trop prudent fur l'ufage des cafferoles & autres uftenfiles de cuivre. Si l'eau pure que l'on fait bouillir dans ces efpeces de vafes ne diffout point de parties métalliques, on ne peut difconvenir qu'elle ne s'en charge lorfqu'on la laiffe féjourner dedans après l'avoir fait bouillir. On en peut juger par le goût défagréable qu'elle y contracte. Si l'eau fimple diffout quelques parties du métal, l'eau falée, une fauce piquante, en doivent diffoudre davantage ; & cela, felon que ces liquides féjourneront plus long-tems dans des vaiffeaux de cuivre. Je ne connois d'autre moyen d'obvier à cet inconvénient, que de faire étamer tous les uftenfiles de cuivre deftinés au fervice de nos tables, & de veiller foigneufement à ce que cette étamure foit en bon état, & couvre exactement toute la furface des vaiffeaux ; car pour peu qu'elle foit ufée, & qu'il fe trouve quelque folution de continuité dans l'étamure, on eft expofé à des accidens auxquels on ne peut remédier qu'avec beaucoup de peine. Le 17 Juillet 1759, cinq perfonnes fouperent enfemble, & mangerent d'un ragoût de veau fait de la veille, & qui avoit féjourné pendant

Ce fut en ſuivant les regles de la Phyſique, que le ſavant *Rhedi* examina plusieurs remedes dont on vantoit l'efficacité; qu'il découvrit la fraude de leurs préconiſeurs; qu'il purgea la Médecine de quantité d'erreurs qui la déshonoroient, & qu'il rendit enfin de grands ſervices à cette ſcience, ainſi qu'à la Phyſique.

11°. La Phyſique a encore cet avantage, qu'elle nous fait connoître évidemment les miracles que l'Auteur de la Nature ſe plaît à faire quelquefois; car elle nous apprend quelles ſont les loix de la Nature, & la maniere dont les corps agiſſent les uns ſur les autres, quels ſont les effets qui doivent arriver dans telle & telle circonſtance : de-là ſi ces effets ſont différens dans les mêmes circonſtances, s'ils ne peuvent avoir été produits par le miniſtere des cauſes ſecondes, & qu'ils ſoient contraires aux loix de la Nature, nous pouvons alors les regarder comme autant de miracles. Par exemple, il n'arrive jamais qu'une femme qui eſt affligée d'une perte de ſang, ſoit guérie en touchant l'habit d'un Médecin; nous ſavons cependant qu'une femme qui étoit attaquée de cette maladie, en fut guérie en touchant la robe de J. C. auſſi cette guériſon eſt-elle miraculeuſe. Si l'ombre d'un voyageur tombe ſur le corps d'un malade, cette ombre ne lui rendra pas la ſanté; car quel effet peut produire l'ombre, qui n'eſt autre choſe que la privation de la lumiere? ſi l'ombre d'un Apôtre a produit cet effet, c'eſt encore un miracle (1). Si quelqu'un répand de l'eau ſur la terre, elle en ſera ſeulement humectée; mais ſi cette eau ſe change en ſang, & qu'enſuite ce ſang ſe corrompe & acquere une odeur fétide, ainſi qu'il arrive au ſang qui eſt extravaſé & exposé à l'air, c'eſt encore un miracle; puiſque nous ne pouvons douter que le ſang ne ſoit un fluide qui ne ſe forme que dans le corps vivant, & que tout l'art de l'homme ne peut en produire de factice (2).

Quelquefois on obſerve dans la Nature des effets extraordinaires, & dont on n'a jamais entendu parler. Ces effets ne doivent point être rangés dans la claſſe des miracles : on en ſera convaincu ſi on les examine avec ſoin : on découvrira alors qu'ils dépendent d'une loi conſtante de la Nature, qu'ils ne ſe manifeſtent pas ſeulement une fois, mais ſouvent; qu'ils ſont toujours les mêmes en tout tems dans les mêmes corps; tandis que des effets miraculeux de même genre ne ſe feroient tout-au plus remarquer qu'une ou deux fois. C'eſt une loi de la Nature, par exemple, que des animaux à qui on coupe la tête périſſent : or depuis quelques années on a découvert que ſi on coupe la tête à des polypes d'eau douce, ces animaux ſurvivent à cette opération, & ſe reproduiſent. Ce fait, tout extraordinaire qu'il ſoit, ne doit pas être regardé comme un miracle; mais comme une loi de la Nature, que

ce tems dans une caſſerole dont l'étamure étoit uſée en partie; les cinq perſonnes en furent incommodées : il y en eut deux qui en furent quittes pour quelques nauſées & quelques douleurs de colique; les trois autres furent attaquées d'un vomiſſement violent, accompagné de convulſions très vives, qui durerent près de quinze heures, malgré les ſecours qu'on leur adminiſtra; & il y en eut une qui ſe ſentoit encore de cette indiſpoſition quatre mois après. D'où je conclus qu'on ne peut veiller avec trop de ſoin ſur les vaiſſeaux de cuivre dont on fait uſage dans les cuiſines; ſur-tout ſi les mets qui en ſortent y ont ſéjourné pendant quelque tems.

(1) Acta Apoſt. Cap. 5. v. 15. (2) Exod. Cap. 4. v. 9.

nous ne connoiſſions point avant cette découverte. Les recherches qu'on a faites depuis la connoiſſance de ce fait, nous ont appris que cette même loi avoit encore lieu, par rapport à p'uſieurs autres animaux; mais il n'en eſt pas ainſi des miracles opérés par Moyſe, par les Prophetes, par J. C. & par ſes Apôtres, ils ſont bien éloignés d'être conformes à aucune loi de la Nature.

12°. La Phyſique nous fournit des preuves inconteſtables de l'exiſtence de Dieu : je n'en rapporterai ici qu'un ſeul exemple. Perſonne ne doute qu'il exiſte des hommes : mais d'où tirent-ils leur origine? La réponſe ſe préſente auſſi-tôt à l'eſprit; ils doivent leur exiſtence à leurs peres : mais à qui ceux-ci ſont-ils redevables de la leur? de ceux, ſans doute, qui vivoient avant eux. Mais ſera-t-il donc permis de remonter ainſi de ſiecles en ſiecles juſqu'à l'infini? ou ſera-t-on obligé de mettre des bornes à cette ſérie, & de reconnoître de premiers hommes, qui ne tirent point leur origine d'autres hommes? Ce dernier ſentiment eſt le véritable; car il paroît évidemment, par l'Hiſtoire du genre humain, que la terre étoit moins habitée autrefois qu'elle ne l'eſt aujourd'hui. Si nous conſultons les Annales de la Bretagne, nous y apprendrons que dans l'eſpace de cent cinquante ans cette Province a vu augmenter du double le nombre de ſes habitans; d'où nous pouvons conclure, que trois cens ans auparavant leur nombre étoit ſous quadruple : & ſi on remonte ainſi de ſiecles en ſiecles, on trouvera que deux perſonnes ſeules ont ſuffi pour donner naiſſance à tous ces peuples. On peut appliquer le même raiſonnement à la population des autres Nations, & on trouvera que leurs habitans tirent leur origine de deux perſonnes ſeulement; d'où on doit conclure manifeſtement, que tout le genre humain doit ſa naiſſance à deux perſonnes. Mais d'où ceux-ci ont-ils tiré la leur? Certainement ils ne ſe ſont point produits eux-mêmes; cette faculté ne ſe trouve point dans l'homme, de ne devoir ſa naiſſance qu'à lui ſeul : ils n'ont point été produits par le concours fortuit des atômes; nous verrions encore des hommes prendre naiſſance d'un tel concours : ils ne furent point produits par le limon d'une terre fécondée par le débordement du Nil, ainſi que le penſerent les Egyptiens; car on verroit encore de nos jours ſortir des hommes du même limon. Il faut donc néceſſairement qu'ils aient été formés par une Puiſſance ſupérieure, qui les a tirés du néant où ils étoient avant leur exiſtence; & cette Puiſſance eſt cet Etre ſuprême que nous appellons Dieu, qui eſt l'Auteur de tout ce qui exiſte dans l'Univers : car aucun corps, conſidéré ſolitairement, ou même comme uni à un eſprit tel qu'eſt le corps de l'homme, n'a point la faculté de produire quelque choſe.

13°. Lorſque nous conſidérons l'Univers, nous voyons qu'il eſt compoſé d'individus qui ſe ſuccedent les uns aux autres, & que la cauſe de cette ſucceſſion eſt extérieure à ces individus; d'où nous devons conclure, qu'outre les différens individus qui ſont partie de l'Univers, il doit y avoir un Etre diſtingué d'eux, qui eſt la cauſe premiere de leur ſucceſſion, & que cette cauſe eſt cet Etre puiſſant, que l'on appelle Dieu, & qui eſt le principe de toutes choſes. Ce même Etre qui a créé l'Univers, veille continuellement à ſa conſervation, & ne permet pas qu'aucunes de ſes parties retournent dans le néant d'où il les a tirées : auſſi ne voyons-nous jamais périr aucune eſ-

pece : c'eſt pour cette raiſon qu'il n'a pas donné une grande fécondité aux animaux de proie; tandis qu'il a prodigué aux autres cette faculté. Ceux-ci ſervent de nourriture aux premiers ; mais l'eſpece ne s'en perd pas , à cauſe de leur grande fécondité : c'eſt ainſi que l'Auteur de la Nature a pourvu à la conſervation de ſon ouvrage.

14°. Perſonne ne connoît mieux que les Philoſophes, la puiſſance infinie de Dieu : ils nous enſeignent qu'il a créé un eſpace infini , outre cela qu'il a formé de rien, la terre & tous les corps qu'elle renferme dans ſon ſein, ainſi que ceux que l'on remarque ſur ſa ſurface ; qu'elle eſt ronde , & que ſa grandeur eſt telle que ſon rayon = 3269297 toiſes, meſure de France : quelqu'immenſe qu'elle paroiſſe , elle ne forme qu'un ſeul corps. Outre la terre, nous connoiſſons encore ſix planetes, parmi leſquelles Saturne eſt 3000 fois plus grand que la terre, Jupiter 8000, le Soleil 1000000. Parmi les étoiles fixes , qui ſont en très grand nombre , il y en a pluſieurs qui ſurpaſſent le Soleil en groſſeur, de même que le Soleil lui-même ſurpaſſe la terre. On remarque auſſi dans l'immenſité des Cieux, pluſieurs cometes diſpoſées autour du Soleil de la même maniere que les planetes. Les étoiles fixes ſont placées à une ſi grande diſtance de la terre, qu'un boulet de canon auroit peine à parcourir cet eſpace en un million d'année : & la diſpoſition de toutes ces choſes eſt une des preuves les plus ſolides qu'on puiſſe apporter de la toute-puiſſance de Dieu.

15°. La Sageſſe infinie, qui ne peut convenir qu'à un être ſpirituel , brille ſur-tout par l'économie qui regne dans l'Univers ; on n'y trouve rien de ſuperflu, & il ne reſte rien à deſirer dans les ouvrages du Créateur : chaques choſes qui font partie de l'Univers ſe prêtent un mutuel ſecours , & ſont diſpoſées dans l'ordre le plus convenable. Les planetes, par exemple , & les cometes, ſont librement leur révolution dans l'immenſité des Cieux , ſans ſe rencontrer & ſans ſe faire aucun obſtacle ; leurs mouvemens ne ſe nuiſent aucunement , leur tendance reſpective ne s'oppoſe point à leurs mouvemens , & elles exécutent leurs révolutions autour du Soleil de la maniere la plus ſimple & avec le moindre mouvement poſſible.

16°. La bonté de Dieu ſe manifeſte par ſes ouvrages, dont aucun n'eſt néceſſaire, & ne le rend, ni plus heureux, ni plus parfait : ce n'eſt donc que par un acte pur de ſa bonté infinie, qu'il nous a donné l'exiſtence, ainſi qu'aux autres êtres qui nous environnent. Mais c'eſt ſur-tout en formant l'homme,que l'Etre ſuprême a épuiſé ſes complaiſances ; il l'a doué d'intelligence , & il lui a accordé la faculté de raiſonner : facultés qui permettent à la créature de s'élever juſqu'au Créateur, de le reconnoître , & de juger de pluſieurs de ſes perfections. Outre ces grands avantages, l'Etre ſuprême a encore accordé à l'homme un empire ſur tous les animaux ; il a abandonné à ſa diſpoſition tous les végétaux & tous les foſſiles. Les loix ſimples & immuables ſuivant leſquelles il conſerve tout ce qu'il a formé, les mérites de J. C. qui ouvrent au pécheur une voie sûre à une éternité bienheureuſe ; tant d'avantages réunis pour le bonheur de l'homme , doivent lui faire ſentir que rien ne peut ſurpaſſer la bonté & la munificence de Dieu.

CHAPITRE II.

Des corps en général, & de leurs propriétés.

§. XL. Nous découvrons, par le miniſtere des ſens, l'exiſtence des corps. C'eſt pour cet uſage que l'Auteur de la Nature les a donnés à l'homme : il n'y a pas même d'autres moyens de connoître les corps, & de juger de leurs qualités.

Lorſqu'on ne veut pas étendre le ſervice des ſens au delà des bornes qui leur ont été preſcrites, on acquere, par leurs ſecours, des connoiſſances certaines.

L'ame acquiert différentes idées, lorſque les corps agiſſent ſur les organes bien diſpoſés d'un homme qui fait attention à leurs actions : ces idées lui apprennent qu'il y a quelque choſe dans ces corps qui a la faculté d'agir & de réſiſter.

Ces idées ſont tout à-fait différentes des propriétés des corps. Les premieres exiſtent dans l'eſprit; tandis que les propriétés des corps ſont au-dehors : elles ne ſont que l'occaſion, ou, pour ainſi dire, les cauſes qui, par leur préſence, excitent les idées.

Les corps agiſſent de deux manieres ſur les organes des ſens : immédiatement, ou médiatement.

1°. Ils agiſſent immédiatement ſur le tact; ce qui arrive lorſqu'on touche un corps avec les doigts, ou lorſqu'il eſt poſé ſur les doigts, & qu'il eſt en contact avec eux.

2°. C'eſt encore de la même maniere que nous connoiſſons la ſaveur des corps ſapides : le vin, par exemple, que nous tenons dans la bouche, agit immédiatement ſur les papilles nerveuſes de la langue & du palais, qui ſont les organes du goût.

3°. Le ſentiment des odeurs nous vient des particules odoriférantes, qui, ſe détachant des corps odorans, voltigent dans l'athmoſphere, ſont portées dans le nez avec l'air que nous reſpirons, & y velliquent la membrane pituitaire, deſtinée à procurer à l'ame le ſentiment des odeurs.

4°. Les corps qui n'agiſſent pas immédiatement ſur les organes des ſens, à cauſe de leurs différentes diſtances de ces organes, y agiſſent néanmoins par l'intermede de certains petits corpuſcules étrangers, qui partent immédiatement de ces corps, ou qui ſont renvoyés à nos organes par d'autres corps, vers leſquels ils étoient dirigés : c'eſt ainſi que les corps lumineux, tels que le ſoleil & la flamme, qui ſont éloignés de nous, portent dans nos yeux les rayons qu'ils lancent : ſouvent ces rayons, n'étant pas dirigés directement vers nos yeux, y parviennent par la réflexion qu'ils ſubiſſent, lorſqu'ils tombent ſur des corps opaques & réfléchiſſans : parvenus à la rétine, ils affectent l'organe de la vue, & nous procurent la viſion des objets. C'eſt de ces deux manieres que nous parvenons à la connoiſſance des corps lumineux & des corps opaques, conſidérés comme tels.

5°. Les corps qui ſont éloignés de nos organes agiſſent auſſi ſur eux, par

le moyen de différens corps étrangers, qui sont placés entre le corps agissant & l'organe qu'il affecte: c'est ainsi que les corps sonores, qui sont éloignés de nos oreilles, agissent néanmoins sur l'organe de l'ouïe, par l'intermede de l'air ou de tout autre fluide.

C'est de ces différentes manieres que nous connoissons les corps qui nous avoisinent, & ceux qui sont éloignés de nous. L'Auteur de la Nature n'a donné à l'homme que cinq organes différens, propres à lui faire connoître l'existence des corps; car la faim & la soif ne lui ont pas été accordées pour juger des qualités des corps extérieurs, mais seulement pour l'avertir des besoins de son propre corps.

§. XLI. Tout ce qui existe dans les corps, & qui est propre à affecter quelqu'un des cinq organes dont nous venons de parler, de maniere à exciter aussi-tôt dans l'ame l'idée de sa présence, s'appelle *qualité* ou *propriété*. La dureté qu'on sent lorsqu'on touche & qu'on presse un morceau de fer, le froid qu'on éprouve lorsqu'on pose la main sur un morceau de glace; l'amertume que la bile fait sentir lorsqu'elle passe par la bouche, &c, sont autant de propriétés de ces corps.

§. XLII. Lorsque nous examinons les corps, & que nous rassemblons toutes les propriétés que nous leur connoissons, nous en remarquons plusieurs qui conviennent à tous les corps, & qui les accompagnent constamment, en tous tems, & dans les différens états par lesquels ils peuvent passer. On appelle ces propriétés, générales ou universelles; &, pour les distinguer des autres, nous les nommerons *les attributs des corps*.

§. XLIII. Quant à ces propriétés, qui ne conviennent aux corps que dans certaines circonstances, ou qui conviennent aux uns & nullement aux autres, nous leur laisserons le nom de *propriétés*, *qualités*, *accidens*.

§. XLIV. Tous les attributs, toutes les propriétés quelconques des corps, sont contenus dans les corps auxquels ils appartiennent & qu'ils constituent, non pas cependant comme autant de différens êtres qui existent, ou qui pourroient exister séparément, & qui, par leur assemblage, constituent l'étendue de l'être auquel ils appartiennent; mais ils sont tous comme adhérens à un seul & même sujet, qu'on appelle *substance*. Qu'est ce donc qu'une substance, considérée en elle-même? C'est ce que personne ne pourra jamais concevoir clairement & distinctement; parcequ'aucune substance n'agit immédiatement, & par elle-même, sur l'organe des sens, puisqu'elle est renfermée dans les bornes qui terminent la superficie des corps: nous savons cependant qu'il y a des substances dans la Nature; parceque les propriétés que nous découvrons dans les corps, sont très différentes les unes des autres, & que nous ne voyons point de lien qui puisse les unir entr'elles. Nous ne découvrons point, par exemple, de liaison entre l'étendue & la force d'inertie, entre la figure & la gravité, entre la mobilité & l'impénétrabilité, &c; cependant nous savons que toutes ces propriétés se trouvent réunies dans un même être: d'où il suit manifestement qu'il doit y avoir une espece de soutien ou de suppôt, qui réunisse toutes ces propriétés, quelque différentes qu'elles paroissent, ou du moins qui leur serve de base & qui les contienne.

§. XLV. Parmi les propriété générales, & par conséquent les attributs des

corps, on compte, l'*étendue*, la *figurabilité*, la *faculté d'être limité*, celle d'*occuper un espace*, la *solidité*, l'*inertie*, la *mobilité*, la *quiescibilité*, la *gravité*, l'*attraction*, la *répulsion*, la *faculté de subsister*, enfin celle *d'être créé*. Jusqu'à présent on n'a trouvé aucun corps, de quelqu'espece qu'il soit, grand ou petit, homogene ou composé, solide ou fluide, dans lequel on n'ait remarqué le concours de toutes ces propriétés: on peut même assurer qu'il n'y en a aucun dont on puisse, par aucun procédé quelconque, retrancher une seule de ces propriétés.

§. XLVI. Entre les différens attributs dont nous venons de parler, on en compte plusieurs qui ne souffrent, ni augmentation, ni diminution, & qui sont toujours les mêmes en tous tems, & dans toutes circonstances: telles sont l'étendue, la solidité, l'inertie; car une étendue d'un pied cubique, par exemple, qui mesure la solidité d'un corps, demeure toujours la même, quelque figure qu'on fasse prendre à ce corps, quelque division même qu'on lui fasse subir: mais il n'en est pas ainsi de toutes les propriétés générales des corps; il s'en trouve plusieurs, qui, quoiqu'elles accompagnent toujours les corps, dans quelques circonstances qu'ils se trouvent, & qu'elles ne souffrent aucun changement essentiel, néanmoins sont susceptibles d'augmentation ou de diminution, selon les différens rapports de distance où ces corps se trouvent entr'eux: telles sont la gravité, l'attraction, la répulsion. Plusieurs Philosophes établissent une distinction entre les attributs des corps: ils regardent les uns comme premiers, & ils nomment les autres secondaires. Parmi ceux de la premiere classe, ils rangent l'étendue, la résistance & la mobilité, d'où découlent, suivant eux, ceux qu'ils ont nommés secondaires, tels que la figurabilité, l'impénétrabilité, la divisibilité & le mouvement (1).

§. XLVII. On range parmi les propriétés des corps l'*électricité*, l'*opacité*, la *transparence*, la *fluidité*, la *fermeté*, la *faculté d'être coloré*, *chaud*, *froid*, *sapide*, *insipide*, *odorant*, *inodorant*, *sonore*, *non sonore*, *dur*: on y range aussi l'*élasticité*, la *mollesse*, l'*aspérité*, la *légéreté*, &c. Ces différentes qualités appartiennent tellement aux corps, qu'ils peuvent en être doués ou en être dépourvus, sans rien perdre de leur essence.

§. XLVIII. Parmi ces différentes propriétés, il y en a quelques-unes que l'on peut regarder, en quelque façon, comme générales, en tant que lorsque ces corps se trouvent dans un certain état, elles leur conviennent alors. Aussi M. *de Maupertuis* crut-il, & avec raison, qu'il falloit distinguer ces propriétés d'avec les autres. Tels sont, par exemple, *la faculté de communiquer du mouvement à d'autres corps*, dont jouissent tous ceux qui sont en mouvement. La *divisibilité*, qui appartient à tout corps d'une certaine étendue, en tant qu'il est composé de plusieurs parties; propriété qui ne convient cependant pas aux parties élémentaires qui le constituent. La *porosité* est aussi relative aux corps qui jouissent de quelques dimensions, & elle n'appartient pas non plus aux élémens de la matiere, qui sont parfaitement solides: pareillement la faculté de recevoir & de retenir pendant quelque tems entre ses parties la matiere ignée & celle de la lumiere, convient aux

(1) De Turre Institut. Phys. Sect. 1, Cap. 5. 7.

corps étendus, quoiqu'elle ne convienne point à leurs élémens. Les Physiciens de nos jours commencent à ſoupçonner *que tous les grands corps ont autour d'eux une atmoſphere de matiere ſubtile* : ce ſentiment doit ſon origine aux obſervations ſuivantes. On remarque que le corps de l'homme eſt continuellement enveloppé d'une tranſpiration inſenſible, qui s'échappe de toute l'habitude de ſon corps. Que les cadavres répandent autour d'eux des miaſmes qui s'élevent des parties qui ſe corrompent. Que les plantes ſont entourées de parties odorantes, qui forment autour d'elles une atmoſphere d'une certaine étendue : enfin que tous les corps jouiſſent d'une faculté attractive & répulſive, qui ſe manifeſte dans tous les points de leurs ſurfaces : & on penſe que ces forces attractives & répulſives ſont produites par un fluide ambiant, dont toutes les parties extrêmement ſubtiles ſont douées d'un mouvement oſcilatoire & très rapide : idée qui n'eſt encore fondée ſur aucune preuve ſolide ; puiſqu'on ne connoît pas encore en quoi conſiſte ces forces, ſoit attractives, ſoit répulſives, quoiqu'elles conviennent réellement à tous les corps : d'ailleurs tous les corps ne ſont point enveloppés d'atmoſpheres ; car il ne peut ſe faire que les plus petites portioncules de la matiere laiſſent échapper de leur propre ſubſtance de plus petites portioncules de matiere, & il ne repugne pas moins que les parties les plus délicates de la matiere ſoient entourées d'un fluide plus ſubtil qu'elles. Le ſentiment de ceux qui regardent *tous les corps comme électriques*, n'eſt pas mieux fondé que le précédent. La vertu électrique pourroit tout au plus convenir aux corps d'une certaine étendue, & non aux petites portioncules de la matiere : d'ailleurs l'expérience n'a pas encore décidé, que cette vertu convienne en tout tems à tous les corps, quoiqu'elle convienne conſtamment à pluſieurs.

§. XLIX. L'ordre exige que nous commencions par examiner les différens attributs des corps dont nous avons parlé (§. 45.) : l'examen en étant une fois fait, nous ne ferons pas obligé de nous répéter, lorſque nous examinerons ſéparément chaque corps ; nous en ferons alors abſtraction. Nous allons commencer nos recherches par l'examen de l'*étendue*. On conſidere trois dimenſions dans l'étendue. 1°. La longueur, telle que le ligne AB. [*Tab.* 1. *fig.*1.]. 2°. La longueur unie à la largeur, qu'on nomme ſurface, & qui eſt repréſentée par la figure CDEF. [*Tab.* 1. *fig.* 2.]. 3°. Enfin la longueur, la largeur & l'épaiſſeur, qui ſont repréſentées par la figure GHOIKLMN. [*Tab.* 1. *fig.* 3.]. Chacune de ces trois dimenſions a ſa nature particuliere ; de ſorte qu'aucune ne peut ſe prendre pour une autre ; car des lignes placées les unes ſur les autres, ou poſées les unes à côté des autres, ne compoſeront point une ſuperficie ; ni des ſuperficies ſéparées les unes des autres, quelques nombreuſes qu'elles ſoient, ne formeront point un ſolide.

§. L. Toute étendue forme une quantité continue ; puiſqu'elle eſt ſuſceptible d'être meſurée, ou qu'on peut la concevoir, & même qu'elle peut être plus grande ou plus petite : c'eſt pourquoi on appelle quantité toute étendue quelconque.

§. LI. Quelle que ſoit l'étendue (§. 49.), on peut la concevoir comme compoſée d'un nombre infini de plus petites étendues ; d'où on peut con-

clure que toute étendue eſt mentalement diviſible à l'infini. En effet [*Tab.* 1. *fig.* 1.] on peut concevoir aiſément un point mathématique O, placé entre les deux extrêmités A & B de la ligne AB. On concevra encore auſſi aiſément un autre point C, placé entre le point A & le point O, & ainſi de ſuite à l'infini, ſans que l'on conçoive qu'aucun de ces points intermédiaires, touche & ſe confonde avec l'un ou l'autre point A & B, qui termine de part & d'autre la ligne A B; puiſque tout point mathématique eſt dépourvu de longueur : par conſéquent on pourra mentalement diviſer toute ligne à l'infini. De-là toute ligne quelconque d'une longueur finie & déterminée, eſt formée de l'aſſemblage d'un nombre infini de petites lignes, poſées les unes au bout des autres : de-là toute ligne, ſoit grande, ſoit infiniment petite, ne peut pas être conſidérée comme ſimple, mais comme un compoſé d'autres lignes ſemblables ; par conſéquent doit être conſidérée comme une quantité infiniment petite, diviſible à l'infini en d'autres quantités plus petites & de même nature.

§. LII. Si nous conſidérons une ligne comme une ſeule & unique ligne, ce ſera une étendue continue ; mais ſi nous la conſidérons comme formée par une infinité de petites lignes ajoûtées les unes au bout des autres, toutes ces petites lignes ſeront contiguës les unes aux autres.

§. LIII. La ſuperficie CDEF [*Tab.* 1. *fig.* 2.], ainſi que la ligne dont nous venons de parler, peut ſe diviſer à l'infini en d'autres petites ſuperficies ſemblables ; car on peut concevoir une ligne telle que P Q, parallele à C E, tirée entre les lignes C E & DF : on peut encore en concevoir une autre, conduite entre P Q & DF, & ainſi de ſuite juſqu'à l'infini.

§. LIV. De même entre les ſurfaces IH & KM du ſolide KH [*Tab.* 1. *fig.* 3.], on peut concevoir une ſuperficie intermédiaire RS, parallele à la ſurface IH : on peut encore en imaginer une autre entre les ſurfaces RS & KM, & ainſi de ſuite juſqu'à l'infini. Tout ſolide pourra donc ſe diviſer en un nombre infini de ſolides plus petits, tous ſemblables entr'eux quant au nombre de leurs dimenſions, & qui tous, pris enſemble, conſtituent le ſolide dont ils ſont tirés.

§. LV. Ceux-là ſe trompent donc, qui aſſurent que l'étendue eſt quelque choſe de ſimple, & de ſemblable dans tous les corps ; qu'elle n'eſt point compoſée de parties, parceque l'étendue, priſe en elle même, ne differe pas de l'étendue. En effet, quoique l'étendue AB [*Tab.* 1. *fig.* 1.] ſoit ſemblable à elle-même dans toutes ſes parties, elle eſt néanmoins compoſée des parties A C, C O, O B ; & quoique l'étendue de la partie A C ne ſoit pas différente de celle de la partie C O, ces deux étendues different cependant entr'elles quant à leur ſituation : & on remarque la même différence entre toutes les parties de l'étendue. Outre cela, les trois eſpeces d'étendue que nous avons indiquées (§. 49.), ſont toutes différentes les unes des autres.

§. LVI. L'idée de l'étendue eſt ſi ſimple, qu'il n'eſt pas poſſible de la développer & de la finir ; & on eſt réduit à la même impoſſibilité, lorſque les idées des choſes que l'on veut expliquer ſont auſſi ſimples.

§. LVII. La diviſibilité dont nous avons déja fait mention, conſiſte dans

la facilité de concevoir plusieurs parties dans une étendue quelconque : c'est cette divisibilité que je nomme *divisibilité mathématique.*

§. LVIII. Mais il est une autre espece de divisibilité qui est du ressort de la Physique, & qui fait naître la question suivante, qui est de savoir, si tous les corps, considérés non-seulement comme étendus, mais encore comme pourvus de tous les autres attributs qui conviennent aux corps, & qui sont indépendans de l'étendue; si tous ces corps, dis-je, peuvent être divisés à l'infini; si l'Art ou la Nature peuvent nous fournir des moyens propres à pousser jusqu'à l'infini la division des parties qui les constituent, sans qu'aucun de leurs attributs s'opposent à cette division? Tout ce qui est susceptible de division actuelle, est, à la vérité, composé de plusieurs parties séparables les unes des autres; mais ces parties, étant séparées, sont-elles encore elles-mêmes composées d'autres parties plus petites & séparables les unes des autres? ou la division de ces parties étant poussée jusqu'à un certain point, parvient-on à trouver des parties simples, non composées d'autres parties, & parconséquent qui soient à l'abri d'une plus grande division? C'est une question purement physique, & que nous nous proposons de résoudre.

§. LIX. La divisibilité dont il s'agit ici, & qui consiste dans la séparation actuelle des parties de la matiere, est celle que j'appelle *réelle.*

§. LX. Cette divisibilité ne peut avoir lieu dans toute sorte d'étendue; car quoique l'espace soit réellement étendu, il n'est point composé de plusieurs parties, ainsi que les corps : en effet chaque partie qui compose un corps, est une petite portioncule de matiere, un petit corpuscule plus petit que le tout dont il fait partie, lequel est renfermé dans les bornes qui terminent de toute part sa superficie, qui subsiste par lui même, & qui n'a pas besoin, pour subsister, du concours des autres corpuscules qui l'avoisinent. Au contraire, l'espace n'a rien qui lui soit propre; les bornes qui le circonscrivent ne lui appartiennent point : bien plus, comme il est immobile, il n'est point susceptible d'une division réelle. Pour revenir donc à la question dont il s'agit; savoir, si le plus petit élément de la matiere peut encore être divisé, & si cette division ne reconnoît point de bornes? c'est à l'expérience à en décider. Elle ne peut cependant décider cette question aussi parfaitement que nous le desirerions : elle laisse toujours après elle des doutes assez bien fondés; car on ne peut disconvenir, que les élémens des mixtes se dérobent, par leur petitesse, à la foiblesse de nos organes, même aidés de tous les secours que l'Art peut mettre en usage pour augmenter leur sensibilité; & il n'y a personne qui ne trouve ses sens en défaut, & qui ne sente qu'ils auroient besoin d'une plus grande perfection. A la vérité, tant que les corps ont assez d'étendue, pour affecter l'organe de la vue, la Nature nous fournit plusieurs moyens, ou l'Art ne manque pas d'expédiens pour les diviser; mais si-tôt que leur ténuité les soustrait à nos organes, nous ne pouvons pas ne nous pas appercevoir que les moyens nous manquent pour pousser plus loin leur division, qu'ils ne sont point divisibles à l'infini, & que la divisibilité à laquelle ils sont soumis reconnoît des bornes.

§. LXI. L'ordre constant & immuable de la Nature paroît confirmer cette vérité. En effet, si nous examinons avec attention ce qui se passe dans

l'Univers, nous nous appercevrons auſſi-tôt qu'après la diſſolution des corps, il en renaît de nouveaux, toujours dans le même tems, de la même maniere, & qu'ils jouiſſent des mêmes propriétés que les premiers dont ils tirent leur origine. Les plantes viennent de ſemences jettées dans une terre, qui n'eſt compoſée que de plantes diſſoutes par la digeſtion des animaux. Ces plantes croiſſent & parviennent à la même hauteur qu'elles avoient autrefois : elles ſont de la même groſſeur, & elles paroiſſent dans le même tems : or ſi on ſuppoſe que les petites parties qui nourriſſent & font croître les ſemences, ſont devenues dix fois plus fines qu'elles n'étoient auparavant, il faudra aujourd'hui beaucoup plus de tems qu'autrefois pour l'accroiſſement de ces mêmes plantes ; elles auront même une autre forme, & elles ſeront d'une conſiſtance différente de celle qu'elles avoient auparavant. Prenez trois morceaux de marbre, réduiſez un de ces morceaux en poudre un peu groſſe, le ſecond en poudre plus fine, & le troiſieme en poudre encore plus fine que la précédente : mêlez ces trois poudres, chacune ſéparément, mais à même quantité, avec le double de ſon poids de cire fondue ; lorſque ces trois maſſes ſeront réfroidies, elles ſeront toutes d'une différente conſiſtance les unes des autres. Celle qui ſera formée des parties les plus groſſieres du marbre, ſera plus fragile, & ſe rompra aiſément : on briſera plus difficilement celle qui aura été produite par des parties moins groſſieres. Enfin celle qui aura été formée par les parties les plus déliées du marbre, que l'on aura pulvériſées, ſera plus ferme, plus ſolide, & réſiſtera davantage à l'effort qu'on fera pour la rompre. Ne remarqueroit-on pas la même choſe à l'égard des plantes, ſi elles étoient nourries, & qu'elles duſſent leur accroiſſance à des parties qui deviendroient, par ſucceſſion de tems, plus délicates & plus ténues ? On remarqueroit en elles une différente conſiſtance qui varieroit à l'infini, & ſelon les degrés de ténuité qu'acquerroient les parties nutritives qui concourroient à leur production. C'eſt cependant ce qu'on n'a pas obſervé juſqu'à préſent. La même différence s'obſerveroit encore dans les animaux, dans les foſſiles ; ce qui eſt tout-à-fait contraire à l'obſervation & à l'expérience. Si on laiſſe du ſel en diſſolution dans un menſtrue qui lui ſoit propre, & que l'évaporation du liquide ait lieu, on retrouvera encore au fond du vaſe, un ſel qui ſera parfaitement ſemblable à celui que l'on avoit fait fondre. Si, par un procédé chymique on parvient à convertir un ſel en un eſprit acide, ou en alkali ; ſi on régénere enſuite ce ſel, il ne ſera pas différent du précédent : d'où il ſuit manifeſtement, que l'on a diviſé, par ces procédes, les parties ſalines juſqu'à un certain point ſeulement ; mais non pas autant qu'elles pouvoient l'être, & à plus forte raiſon, que l'on n'a pas porté la diviſion de la matiere juſqu'à l'infini.

§. LXII. Outre cela, on ne remarque pas qu'il paroiſſe de nouvelles eſpeces de plantes, d'animaux, de foſſiles : on voit toujours renaître les mêmes eſpeces avec les mêmes qualités qu'elles avoient plusieurs ſiecles auparavant. Par conſéquent les corps qui ſe diſſolvent, & qui ſervent enſuite de nourriture à d'autres corps, ne ſe diſſolvent pas à l'infini ; mais ſeulement juſqu'à ce qu'ils ſoient parvenus à un certain degré de ténuité : car autrement il faudroit que de ces petites parties, diviſées à l'infini, il en réſultât un autre ordre de plus groſſes parties, & que de celles-ci il en vînt encore de plus

grosses; de sorte que nous aurions continuellement de nouvelles especes de corps, qui recevroient aussi de nouvelles propriétés.

§. LXIII. Les parties de la lumiere & du feu, qui sont les plus petites de toutes celles que nous connoissons, peuvent bien dissoudre les parties des plus grands corps ; mais cette division ne peut pas être portée à l'infini : car la fumée qui s'éleve dans l'air, & qui naît de la consommation des corps que le feu attaque, cette fumée est très sensible à la vue. Jamais on ne s'est apperçu que les parties ignées aient été converties en d'autres substances, jamais on n'a pu parvenir à les diviser, ou à les altérer, de quelque maniere qu'on s'y soit pris. L'air & l'eau simple ne sont pas moins inaltérables ; toutes les tentatives qu'on a faites jusqu'à présent, & tous les différens moyens qu'on a mis en usage pour en altérer les molécules, ont toujours été inutiles.

§. LXIV. L'expérience a toujours démontré que le feu le plus violent, celui qui agit avec le plus d'activité contre les corps sur lesquels il exerce son action, soit qu'il soit fait par artifice, soit qu'on emploie celui qui nous vient des rayons du soleil, qu'on rassemble par le moyen d'un miroir ardent; ce feu qui réduit tout en fumée, & qui consume tout ce qu'il touche; ce feu, qui pénetre tout, qui divise & qui sépare toutes les parties des mixtes qu'il attaque : l'expérience, dis je, a toujours démontré que ce feu n'a encore pu réduire les corps que jusqu'à un certain degré de ténuité, sans qu'il ait jamais pu les diviser à l'infini. Si vous exposez au foyer d'un miroir ardent un morceau d'or, qui résiste à l'action du feu le plus violent que nous puissions faire, vous observerez qu'il se fondra, qu'une partie se dissipera sous la forme d'une fumée épaisse, & que le reste se changera en verre couleur de pourpre. Le feu solaire produira encore sur les autres corps que vous exposerez à son action, des effets semblables de division ; mais qui seront bornés, & qui n'iront point jusqu'à l'infini.

§. LXV. Si on frotte des corps les uns sur les autres, le frottement en détachera, à la vérité, des parties grossieres & très sensibles ; mais il ne parviendra pas à réduire ces parties jusqu'à un degré de ténuité, propre à échapper à la foiblesse de notre vue : ce qui paroit manifestement, lorsqu'on broie des couleurs sur le porphyre & dans toute autre manipulation de cette espece.

§. LXVI. Ainsi toutes ces divisions qui s'operent dans les corps d'une certaine grandeur, ne font que séparer leurs parties les unes des autres; & si les parties qui naissent de ces divisions sont elles mêmes composées d'autres parties, on pourra encore pousser plus loin la division, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à en séparer des parties qui ne soient plus composées : ces dernieres sont celles que nous appellons *atômes*, *élémens*, *unités*, *insécables*, *principes*, &c. La Nature & l'Art ne sont point encore parvenus à diviser une des parties élémentaires d'un mixte quelconque; car, comme la porosité des corps reconnoît des bornes, lorsqu'on a poussé la division d'un corps jusqu'aux parties élémentaires qui le constituent; ces parties n'étant point poreuses, comment pourroit-on les diviser encore, puisqu'on ne peut rien introduire dans ces sortes de parties. Si une seule expérience pouvoit démontrer le contraire, ou nous faire voir qu'il seroit possible d'introduire quelque

quelque corps étranger dans l'intérieur d'une partie parfaitement ſolide, nous aurions lieu de conclure alors, que les corps peuvent être réellement diviſés à l'infini.

§. LXVII. On ne doit donc pas ranger parmi les vérités phyſiques, qui ſont toutes fondées ſur l'expérience & ſur l'obſervation, que la diviſibilité réelle (§. 59.) ſoit un des attributs de la matiere, ou que tout corps ſoit compoſé de plus petites parties ſemblables décroiſſantes à l'infini; puiſque, ni l'expérience, ni l'obſervation n'ont point encore démontré que l'Art ou la Nature puiſſe porter la diviſion de ces parties juſqu'à l'infini, & qu'au contraire les obſervations rapportées (§. 61, 62, 63, 64, 65,), font voir le contraire; quoiqu'il ſoit vrai de dire que les corps d'une certaine étendue ſoient ſuſceptibles d'être diviſés en pluſieurs petites parties.

§. LXVIII. Mais juſqu'où peut aller l'induſtrie de la Nature & le génie de l'homme, lorſqu'il s'agit de diviſer les corps? C'eſt ce que nous ignorons. Cette diviſion ſe borne-t-elle à ſéparer préciſément les parties intégrantes des corps? va-t-elle juſqu'à en ſéparer les unes des autres, les parties élémentaires qui les forment? C'eſt ce que nous ne pouvons décider. Si tôt que la diviſion des mixtes a été portée juſqu'à en ſéparer des parties d'une certaine ténuité, leur délicateſſe les dérobe alors à la foibleſſe de nos organes, quelque ſecours que nous empruntions pour tâcher de les obſerver.

§. LXIX. La doctrine des atômes eſt une des plus anciennes de celles qui ont toujours eu un certain crédit dans l'Ecole; elle fut cultivée par *Moſchus*, *Leucippe*, *Démocrite*, *Epicure*, *Lucrece*, *Gaſſendi*, *Newton*, *Boerrhaave*, *Deſaguilliers*, *Maclaurin*, & par pluſieurs autres grands hommes; qui ont tous ſoutenu, que les atômes ſont de petits corpuſcules qui entrent dans la compoſition de tous les corps: ils les regardent comme les premiers principes de toutes choſes, que Dieu créa au commencement du monde, & dont il forma tous les corps. Ils prétendent outre cela, que non-ſeulement ces atômes ſont étendus, mais qu'ils ſont exempts de pores, qu'ils ſont d'une dureté & d'une ſolidité propres à réſiſter à tout effort poſſible; qu'ils ſont immuables, impénétrables, paſſifs & mobiles.

§. LXX. Mais ſi on demande pourquoi les corps, étant toujours étendus, ne ſont pas toujours diviſibles? je répondrai, parcequ'il a plu à l'Auteur de la Nature de les créer ainſi, & cela pour des raiſons très ſages, qui lui ſont parfaitement connues, & que nous ignorons; puiſqu'il n'eſt pas accordé à l'homme de pénétrer dans les decrets du Très-Haut, & que les tentatives que nous ferions à cet égard feroient inutiles. L'Auteur de la Nature, n'ayant pas révélé à l'homme les raiſons qui l'ont conduit dans ſes opérations, tous les raiſonnemens de la ſageſſe humaine, quelques bien fondés qu'ils paroiſſent, échouent toujours lorſque l'homme veut ſonder les decrets de l'Eternel. C'eſt ſur-tout dans cette occaſion, qu'il faut convenir que la trop grande curioſité eſt dangereuſe.

§. LXXI. Lorſqu'il s'agit de diviſer un corps d'une certaine étendue en pluſieurs parties, eſt-il néceſſaire qu'à chaque diviſion qu'on voudra faire, on introduiſe entre les parties de ce corps qu'on veut ſéparer, un corps étranger qui ne puiſſe point favoriſer leur union. Cette maniere de diviſer les parties des corps n'a point toujours lieu, quoiqu'on la mette fréquem-

ment en usage ; comme , par exemple, lorsqu'on veut fendre du bois à l'aide d'un ou de plusieurs coins , lorsqu'on veut dissoudre un corps quelconque dans un menstrue qui lui soit propre : mais outre cette façon de procéder,on peut encore séparer les parties d'un mixte, en employant un corps étranger, dont l'action se porte au-dehors, comme lorsqu'on ébranle les parties d'un corps , à l'aide d'un coup de marteau, & qu'on les sépare les unes des autres, sans qu'aucun corps hétérogene ait été interposé entre les parties. Cette maniere de séparer les parties d'un corps a lieu , lorsque les corps qu'on veut diviser sont fragiles.

§. LXXII. Il y a plusieurs corps qui sont susceptibles d'une division prodigieuse & qui surpasse l'idée qu'on peut se former de la division de la matiere; ce qui paroîtra évidemment par quelques exemples.

1°. Un fil de soie de 360 pieds de longueur , & qui ne pese qu'un grain , peut se diviser en 2592000 parties sensibles à l'œil ; puisqu'une étendue d'un pouce en longueur peut se diviser en 600 parties sensibles, qui sont chacunes égales en longueur à l'épaisseur d'un cheveu un peu fin.

2°. Un Ouvrier Autrichien sut mettre à profit la ductilité de l'or, qui surpasse celle de tous les autres métaux ; il parvint à former un fil de 500 pieds de longueur, avec un morceau d'or qui ne pesoit qu'un grain : on auroit donc pu diviser ce fil en 500 parties $\times$ 12. $\times$ 600 = 3600000.

3°. Dans un tems où l'industrie de l'homme n'étoit pas encore parvenue au point de perfection dont elle jouit aujourd'hui, on savoit étendre sous le marteau une once d'or, de maniere qu'on en formoit 1600 feuilles quarrées, dont chaque côté avoit trois pouces linéaires. Aujourd'hui que cet Art s'est beaucoup perfectionné, une once d'or nous fournit un plus grand nombre de feuilles ; mais en n'en comptant que 1600 , nous aurons une preuve bien suffisante pour confirmer ce que nous avançons. En effet la longueur de chaque feuille étant = 3 pouces, sa surface = 9 pouces quarrés : or un pouce étant divisible en 600 parties sensibles, chaque feuille pourra se diviser en 1800 parties quarrées $\times$ 1800 ; & les 1600 feuilles, ou l'once d'or, sera divisé en 1800 $\times$ 1800 $\times$ 1600, ou en 5184000000 parties quarrées : le grain d'or pourra donc être divisé en 10800000 parties sensibles. Mais la dextérité de nos Ouvriers, nous met à portée de pousser plus loin ce calcul ; car depuis les observations de M. *de Réaumur*, on sait qu'un seul grain d'or s'étend sous le marteau de façon à pouvoir être divisé en 13200000 parties sensibles (1). Mais si nous considérons le fil d'argent doré, qui sert à embellir nos parures, nous verrons que la divisibilité de l'or est encore plus grande : en effet, par ce procédé un grain d'or acquere une superficie de 3 pieds en quarré, & peut se diviser en 1399680000 parties.

4°. Les dissolutions nous fournissent encore des preuves bien décisives de la prodigieuse divisibilité de la matiere. Si vous faites dissoudre un grain de cuivre jaune dans une suffisante quantité d'esprit volatil de sel ammoniac ; la dissolution étant finie , le dissolvant acquerra une couleur d'azur : si vous jettez cette dissolution dans un cilyndre de verre de cinq pouces de diametre, & haut de 20 pouces, & qui par conséquent, étant rempli d'eau, contiendra 392 $\frac{1}{2}$ pouces cubiques d'eau , toute cette masse de liquide deviendra

(1) L'Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1713. p. 270.

très ſenſiblement colorée ; & il n'y aura aucune partie du liquide qui ne contienne quelques portioncules de cuivre ; ce qu'on reconnoîtra aiſément à la ſenſation qu'excitera ſur l'organe du goût une petite portioncule de ce liquide qu'on mettroit ſur ſa langue. Or un pouce cubique d'eſpace peut contenir 1000000 de grains de ſable, & même des plus gros ; par conſéquent le cylindre de verre, dont nous venons de parler, en peut contenir 392500000 : l'eau qu'il contient peut donc être ſuppoſée diviſée en 392500000 parties égales chacunes à un grain de ſable ; & comme il n'y a aucune partie de cette eau qui ne contienne au moins une petite portioncule de cuivre, ce métal eſt donc diviſé, par ce procédé, en 392500000 parties. Cette diviſion, quelque grande qu'elle paroiſſe, eſt bien au deſſous de la véritable diviſion du cuivre ; mais elle ſuffit pour faire connoître le degré de ténuité que les parties de ce métal peuvent acquérir par le procédé que nous venons d'indiquer.

5°. Si on fait fondre un grain de cochenille dans une diſſolution de ſel de tartre, il en réſultera une couleur rouge foncée ; ſi on jette enſuite cette teinture dans le cilyndre dont nous venons de parler, & qu'on le rempliſſe d'eau, cette eau acquerra pareillement une couleur rouge, mais moins foncée : par ce procédé, le grain de cochenille ſera diviſé en un auſſi grand nombre de parties que le grain de cuivre dont nous avons fait mention.

6°. *Lewenhoek* obſerva des animaux de trois eſpeces différentes dans de l'eau qu'il avoit expoſée au ſoleil, & dans laquelle il avoit fait infuſer du poivre en poudre : il obſerva, qu'en prenant pour l'unité le diametre d'un de ces animaux, qui étoit de la plus petite eſpece, le diametre de ceux qu'il rangeoit dans la ſeconde claſſe étoit comme 10, & que celui des animaux de la plus grande eſpece étoit comme 50. Mais ayant trouvé que le diametre d'un grain de ſable étoit comme 1000, il s'enſuit que le diametre d'un des animaux de la plus petite eſpece dont nous venons de parler, eſt au diametre d'un grain de ſable, comme le cube du diametre 1 eſt au cube de 1000, ou comme 1 eſt à 1000000000. Mais il faut conſidérer que le petit animal dont il eſt ici queſtion, eſt un corps organiſé, dans lequel on trouve des muſcles, des arteres, des veines, & quantité d'autres vaiſſeaux dans leſquels différentes liqueurs circulent continuellement : or chacunes de ces différentes parties ſont encore beaucoup plus petites que le corps de l'animal qu'elles compoſent.

On peut encore donner quantité de preuves plus curieuſes les unes que les autres, de la vérité que nous nous propoſons d'établir. Les vapeurs qui ſortent d'une éolipile violemment échauffée par l'ardeur des charbons ; la fumée qui s'éleve des corps qu'on brûle ; les odeurs qui s'exhalent de ceux qui ſe pourriſſent, & qui ne perdent pas pour cela ſenſiblement de leur poids, l'huile, le ſuif qu'on conſume en les brûlant, ſont autant de preuves de l'extrême ténuité des parties de la matiere. *Keill* (1) & *Neewentitt* (2) ont traité cette matiere d'une maniere fort étendue.

§. LXXIII. La diviſion des corps multiplie leur ſuperficie ; car chaque

(1) Introd. ad veram Phyſicam, Lect. 5. (2) Coſmotheoros, Cap. 26.

partie eſt terminée en toute ſorte de ſens par des ſuperficies qui lui ſont propres, & qui, par la diviſion, deviennent réellement & phyſiquement diſtinguées de celles avec leſquelles elles étoient en contact, lorſqu'elle faiſoit partie du tout d'où on l'a tirée. Par exemple, ſuppoſons un cube d'un pied; ce cube contiendra ſix pieds en quarré de ſuperficie; ſi, par une triple ſection, on diviſe ce cube en huit autres cubes, la ſuperficie de chacun de ces derniers ſera de $\frac{6}{4}$ de pied quarré, & par conſéquent la ſomme additionnelle de la ſuperficie de ces huit cubes ſera de $\frac{48}{4}$ de pieds quarré = 12 pieds quarrés : dans cette hypotheſe, la ſuperficie ſera double, quoique la maſſe demeure la même, c'eſt-à-dire, d'un pied en quarré.

Cela poſé, dans les corps de même eſpece, mais de volumes inégaux, la ſurface du plus petit ſera dans un plus grand rapport avec ſa ſolidité, que la ſurface du plus grand avec la ſienne. En effet dans l'exemple que nous venons d'apporter, la ſurface du petit cube eſt à ſa ſolidité comme 12 : 1; car $\frac{6}{4} : \frac{1}{8} :: 12 : 1$, tandis que la ſurface du premier cube eſt à ſa ſolidité comme 6 : 1.

§. LXXIV. De-là dans les corps de même eſpece, mais de différente grandeur, les rapports de leurs ſurfaces à leur ſolidité ſont entr'eux en raiſon réciproque de leurs côtés homologues; ce qui paroît encore évidemment dans les cubes dont nous venons de parler : car la ſurface du grand cube eſt à ſa ſolidité, comme 6 : 1; la ſurface du petit eſt à ſa ſolidité comme 12 : 1. Or le côté du grand cube eſt au côté du petit, comme 2 : 1; par conſéquent le rapport de la ſurfacè du premier à ſa ſolidité, eſt au rapport de la ſurface du ſecond à ſa ſolidité, comme le côté de ce ſecond eſt au côté du premier. En général ſi les côtés d'un corps ſont = a, la ſuperficie de ce corps ſera = a a, ſa ſolidité ſera = a^3. Si les côtés d'un autre corps ſont égaux à b, la ſurface de celui-ci ſera = b b, & ſa ſolidité b^3. Dans cette ſuppoſition, la ſurface du premier de ces deux corps ſera à ſa ſolidité, comme $\frac{aa}{a^3}$, & la ſurface du ſecond, ſera à ſa ſolidité comme $\frac{bb}{b^3}$: or $\frac{aa}{a^3} : \frac{bb}{b^3} :: \frac{1}{a} : \frac{1}{b} :: b : a$.

§. LXXV. Si un corps d'une certaine étendue eſt diviſé en parties ſemblables, la racine cubique du nombre qui exprime les parties qui naiſſent de cette diviſion, exprime en même tems l'augmentation de ſurface que ce corps acquere. En effet la ſuperficie du cube d'un pied, dont nous avons parlé ci-deſſus, étoit = 6; mais ce cube, ayant été diviſé en huit autres cubes plus petits & ſemblables entr'eux, ſa ſurface eſt devenue = 12 : or la racine cubique du nombre 8, qui déſigne le nombre des cubes que la diviſion du premier a fournis, = 2, & ce nombre exprime en même-tems l'augmentation de ſurface que ce corps a acquiſe par cette diviſion. Si un corps quelconque eſt diviſé en 1000000 parties ſemblables, ſa ſurface deviendra 100 fois plus grande. M. *Pitot* a traité cette matiere d'une maniere fort étendue (1).

§. LXXVI. La connoiſſance de l'augmentation des ſurfaces, qui naît de la diviſion des corps, nous ſera fort utile par la ſuite, & nous en ferons

(1) L'Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1728, p. 520.

ſouvent uſage. En effet ſi des corps agiſſent contre d'autres corps qu'ils rencontrent, leur action contre ces corps, eſt en raiſon de la ſuperficie de ces derniers : de là le vent qui, par ſon ſouffle, ne peut tranſporter d'un lieu en un autre un pied cubique de marbre, le tranſportera aiſément ſi on le réduit en pouſſiere; parceque s'il a été réduit en 1000000 de parties, il offrira alors à l'effort du vent cent fois plus de ſurface. Par la même raiſon, des corps de même eſpece, mais de différens volumes, qui ſe mouveront dans un fluide, éprouveront des réſiſtances, qui ſeront en raiſon de leurs ſurfaces : de-là une charge de menu plomb, pouſſée dans l'air avec tout l'effort d'une canne à vent, éprouvera une plus grande réſiſtance, de la part de l'air qu'elle aura à diviſer, & ne parviendra pas à la même diſtance qu'une balle de 24 liv. qui feroit de même matiere. C'eſt encore par la même raiſon, qu'un grand vaiſſeau tire un plus grand ſecours du vent, qu'un vaiſſeau qui ſeroit plus petit.

A la vérité, un corps diviſé en pluſieurs parties, & qui déploie ſon action en toute ſorte de ſens, contre les parois d'un vaſe qui le contient, produit un plus grand effet que s'il étoit réduit en une ſeule maſſe; parcequ'étant diviſé en un grand nombre de parties infiniment petites, il agit contre les parois de ce vaſe à raiſon de ſa ſurface : de-là une goutte d'eau exactement renfermée dans un vaſe, n'y produit aucune action ſenſible; mais ſi on la diviſe en 1000000 de parties, ce qui arrive lorſqu'on la convertit en vapeurs, elle agira alors très violemment contre les parois du vaſe, & produira le même effet que produiroit de la poudre à canon enflammée.

§. LXXVII. Tout corps, ſoit céleſte, ſoit terreſtre, eſt borné & limité dans ſon étendue ; ſes ſurfaces ſont les bornes qui la circonſcrivent, & c'eſt la diſpoſition, le nombre & la grandeur de ces ſurfaces qui conſtituent la figure d'un corps : & comme ces modifications peuvent varier à l'infini, de-là naît la multitude innombrable de figures qui différencient tous les corps. Depuis le plus grand juſqu'au plus petit, il n'y a aucun corps qui ne ſoit figuré; parcequ'il n'y en a aucun qui ne ſoit limité. Or, comme nous avons prouvé (§. 67.) qu'il ne paroiſſoit pas que les élémens des mixtes fuſſent diviſibles, la figure de ces élémens eſt inaltérable ; mais les diviſions qui peuvent s'opérer dans les grands corps, l'addition qu'on peut faire en réuniſſant pluſieurs élémens, ſont autant de moyens propres à varier la figure des corps; & c'eſt cette diſpoſition qu'ont les corps à ſe prêter à tous ces changemens, qu'on appelle la figurabilité des corps.

§. LXXVIII. La *ſolidité* ou l'*impénétrabilité* eſt cet attribut dont jouiſſent tous les corps, en vertu duquel tout corps réſiſte à tout autre corps, & l'empêche de s'emparer de l'eſpace dont il eſt en poſſeſſion. Nous acquérons l'idée de cet attribut par l'atouchement d'un corps, ou par l'obſervation, qui nous apprend que tout corps réſiſte à la puiſſance qui le preſſe; car ſi nous n'avions jamais touché de corps, l'idée de ſon étendue, que la vue d'un corps excite en nous, n'eût jamais fait naître celle de la ſolidité : ce qui paroît évidemment par l'exemple des ſpectres que repréſentent les miroirs concaves, de ces figures ſuſpendues dans l'air, & qui jouiſſent très complettement de toute la forme ou de l'étendue extérieure des corps, qui

ſont néanmoins dépourvus de ſolidité. Quiconque n'auroit vu que de ces ſortes d'images, ſans toucher aucun corps, ſe ſeroit, à la vérité, formé l'idée de l'étendue, mais non pas de la ſolidité.

§. LXXIX. La ſolidité des corps ne ſuit point de leur étendue, quoique pluſieurs Philoſophes aient fait tous leurs efforts pour le démontrer, en établiſſant pour principe, qu'une étendue d'un pied cubique ne pouvoit ſe mettre en poſſeſſion de l'eſpace qu'occupoit une autre étendue de la même dimenſion, que cette derniere ne fût détruite: & conſéquemment, diſent-ils, l'étendue oppoſe à l'étendue une réſiſtance infinie; ce qui marque qu'elle eſt impénétrable. Ceux qui raiſonnent ainſi établiſſent leur raiſonnement, ou ſur l'idée qu'ils ſe ſont formée de l'étendue, ou ſur l'expérience. S'ils procedent d'après l'idée qu'ils ont conçue de l'étendue, on peut leur oppoſer, qu'on conçoit en Mathématiques l'étendue comme pénétrable; puiſqu'on conçoit l'étendue d'une ſphere renfermée dans celle d'un cube, celle d'un cône dans celle d'une ſphere, en un mot tout ſolide quelconque renfermé dans l'étendue d'un autre: & on ne trouve rien dans l'idée de l'étendue qui exclue celle de la pénétration: on ne trouve pas auſſi qu'il ſoit néceſſaire de concevoir une premiere étendue détruite, pour qu'une autre s'empare de l'eſpace qu'occupoit la premiere. D'où il ſuit manifeſtement que l'idée de l'impénétrabilité ne doit point ſon origine à celle de l'étendue. L'expérience ne favoriſe pas davantage l'opinion que nous réfutons; car on ne peut nier que les ſpectres que les miroirs concaves nous repréſentent, ne ſoient aiſément pénétrables par tout autre corps quelconque: & qui eſt-ce qui empêcheroit, en effet, que l'étendue intérieure d'une boîte fût pénétrée par un corps de même étendue, ſans que l'étendue de cette boîte ſoit détruite?

§. LXXX. L'impénétrabilité doit être regardée comme un des attributs de la matiere. Il n'y a aucun doute à cet égard, lorſqu'il s'agit des corps ſolides. Cet attribut convient également aux fluides qui ſont renfermés dans des vaſes: lorſqu'on les preſſe, ils font éprouver, ainſi que les ſolides, une réſiſtance réelle. L'air lui-même, tout mol qu'il ſoit, produit le même effet. Si on remplit une pompe avec de l'eau, du vin, du vinaigre, de l'eſprit-de-vin, ou avec toute eſpece d'huile quelconque, & qu'on bouche le bec de la pompe, tous ces liquides font éprouver une réſiſtance inſurmontable au piſton, quelqu'effort qu'on faſſe pour le faire avancer: ſi la pompe ne contient que de l'air, ce fluide commencera par céder à l'effort du piſton; mais il réſiſtera enſuite auſſi puiſſamment que ſi la pompe étoit remplie d'eau. La lumiere qui tombe ſur des corps ſolides, ou ſur des miroirs, ſe réfléchit; effet qu'on n'obſerveroit point, ſi la lumiere étoit pénétrable. Pluſieurs corps, tant ſolides que fluides, cedent, à la vérité, à la force qui les comprime, & perdent par ce moyen de leur volume; mais cet effet vient de ce que ces corps, étant parſemés d'une quantité de petits eſpaces vuides: leurs parties ſolides, qui éprouvent une compreſſion, ſe retirent dans ces petits eſpaces, auſſi cet effet n'a-t-il lieu que juſqu'à un certain point; car dès que ces pores, ces petits eſpaces, ſont remplis en partie, & que les parties ſolides des corps ne peuvent plus s'y retrancher, alors ces corps réſiſtent à la compreſſion la plus violente.

§. LXXXI. Si les corps n'étoient point impénétrables, le moindre effort, la compreſſion la plus légere, ſuffiroient pour les détruire. Si, en preſſant, par exemple, un cube de haut en bas, il cédoit à cette preſſion, de maniere que ſa ſurface ſupérieure vînt toucher ſa ſurface inférieure, toutes les ſurfaces intermédiaires ſeroient certainement détruites : ce qu'on n'obſerve jamais ; parceque tout corps eſt impénétrable, & que ſon impénétrabilité le met à l'abri d'une telle compreſſion. Les corps qui ſont partie de notre globe, ayant une tendance vers le centre de la terre, ſont peſans, & déploient les uns contre les autres l'effort de leur peſanteur ; mais ils réſiſtent tous à cet effort, & par conſéquent ils ſont tous impénétrables. Il en eſt de même des corps céleſtes. D'où on peut conclure que l'impénétrabilité eſt une propriété commune de la matiere, qui appartient conſéquemment à tous les corps.

§. LXXXII. Quoique la réſiſtance que nous éprouvons lorſque nous preſſons un corps faſſe naître en nous l'idée de l'impénétrabilité, cette idée ne nous indique point ce qui conſtitue cette propriété : nous ignorons donc encore de quelle maniere elle appartient à un corps, ou, pour mieux dire, quelle eſt la nature de cette propriété. Il en eſt de cette propriété comme de toutes les autres modifications de la matiere : l'eſprit de l'homme ne conçoit point de quelle maniere elles ſont unies au ſujet auquel elles appartiennent (1). Cette impénétrabilité qui convient à tous les corps, feroit-elle partie de l'eſſence de la matiere, comme pluſieurs l'ont avancé ? C'eſt ce qu'on ne peut prouver ; puiſque nous ne connoiſſons point encore ce qui conſtitue l'eſſence de la matiere (§. 43). Cette propriété dépendroit-elle d'une force innée, laquelle, agiſſant dans les corps en toute ſorte de ſens, feroit que ces corps ſeroient dans une action continuelle ? Ce n'eſt qu'une hypotheſe ; & d'ailleurs quoiqu'on ait coutume de concevoir qu'une réaction de même nature eſt toujours oppoſée à une action, il n'eſt pas démontré pour cela, que toute réſiſtance ſoit de même nature que l'action à laquelle elle eſt oppoſée ; ce qui paroît dans l'action de l'eſprit ſur le corps qu'il anime. C'eſt ici qu'il faut convenir que l'Auteur de la Nature a mis des bornes à notre intelligence.

§. LXXXIII. Nous pouvons donc conclure de tout ce que nous venons d'expoſer, que tout élément de matiere eſt étendu, impénétrable ; qu'il eſt une unité, & également impénétrable de tous les côtés : car l'impénétrabilité n'a point de degrés de plus ou de moins. Mais quoiqu'un corps ſolide ne puiſſe être pénétré par un autre ſolide, n'eſt-il, ou ne peut-il être, pénétré par toute autre ſubſtance quelconque ? C'eſt ce qu'on ne peut encore décider, & ce qu'on ne pourra peut-être jamais décider ; parcequ'on ne connoît point tous les différens genres de ſubſtances qui ſont ſorties, ou qui peuvent ſortir, des mains du Créateur.

§. LXXXIV. Tous les petits corps indiviſibles jouiſſent des propriétés communes de la matiere, dont nous venons de parler ; mais nous ne ſavons pas ſi ces petites parties ſont toutes de même grandeur, ou de grandeur différente ? ſi elles n'ont qu'une ſeule & même figure, ou ſi elles different à cet

(1) Maupertuis, ſur la fig. des Aſtres, pag. 17.

égard? si elles se ressemblent ou non? quelle est leur grandeur respective? Toutes ces questions surpassent la foible portée de l'esprit humain; car les élémens de la matiere sont si déliés, qu'ils échappent à la foiblesse de nos organes; & l'œil, aidé du meilleur microscope qu'on ait fait jusqu'à présent, n'est pas en état de les appercevoir. L'imagination & le raisonnement ne nous sont pas d'un grand secours dans cette matiere, & on ne peut point sagement prononcer sur de telles questions.

Les uns prétendent que tous les élémens de la matiere sont de différentes figures; d'autres assurent qu'ils ont tous une figure semblable, & qu'ils sont ronds; parceque Dieu agit toujours selon les voies les plus simples, & qu'il est plus simple de donner à tous ces élémens la même figure & la même grandeur, que de varier leur grandeur & leur figure.

§. LXXXV. La grandeur & la figure de ces petits corps dépendent de la volonté du Créateur, qui a réglé, selon son bon plaisir, qu'ils seroient ainsi, & non autrement: c'est donc en vain que nous recherchons pourquoi ces petits corpuscules de matiere sont doués d'une telle grandeur, & non d'une autre; & pourquoi ils ont une telle figure plutôt que toute autre? En tant qu'ils sont étendus & limités, ils doivent, à la vérité, avoir une certaine grandeur & une certaine figure; le Créateur leur en a donné une, selon sa sagesse infinie, & qui est celle qui est la plus convenable aux decrets de sa providence.

§. LXXXVI. Les corps d'une certaine étendue, sont composés d'une combinaison d'élémens artistement arrangés. Il peut arriver que la combinaison de ces élémens soit telle, qu'ils ne laissent aucun espace vuide entr'eux, & que la masse qui en résulte soit parfaitement pleine & solide, telle qu'est la masse A [*Tab.*1.*fig.*4.], formée de l'assemblage de parallélipipedes égaux. Une masse de cette nature peut encore être formée par la combinaison des cinq corps réguliers; savoir, des tetraedres, exaedres, dodecaedres, & icosaedres.

§. LXXXVII. Mais si les élémens, qui constituent les mixtes, sont d'une figure, ou qu'ils soient disposés de maniere à ne pouvoir se toucher parfaitement, selon toutes leurs surfaces, & qu'il y ait de petites distances disséminées de tous côtés entr'eux, il en résultera pour lors de petits espaces vuides entre les parties solides des corps qu'ils formeront; ces petits espaces sont connus sous les noms de *trous*, *interstices*, *ouvertures*, *pores*. Une masse ainsi constituée, se nomme *corps poreux*: telle est celle qui est désignée par B [*Tab.* 1. *fig.* 5.].

Un corps poreux est donc un composé de plusieurs parties unies entr'elles sous un certain rapport, & séparées sous un autre par de petits espaces qui forment, conjointement avec les parties solides & unies de cette même masse, une espece de continu.

§. LXXXVIII. Lorsqu'un grand nombre de ces corpuscules élémentaires sont renfermés dans un petit espace, la masse qui en résulte s'appelle *dense*. Lorsqu'il n'y en a qu'un petit nombre qui occupe un espace d'une grande étendue, la masse que ces élémens forment, se nomme *rare*. Plus les parties qui constituent une masse quelconque se rapprochent les unes des autres, & occupent conséquemment un moindre espace, plus la densité

de

de cette maſſe augmente, & on la nomme *plus denſe*. Plus les pores d'une maſſe de même volume ſont multipliés, plus ils ſont étendus, plus la rareté de cette maſſe augmente, & on la nomme *plus rare*.

§. LXXXIX. La rareté des corps eſt ſuſceptible d'augmentation & de diminution : elle augmente à proportion que leurs parties conſtituantes s'éloignent davantage les unes des autres, & que leur volume augmente ; ou bien lorſque le volume de ces corps, demeurant le même, quelques parties ſolides ſont retirées de la maſſe qu'elles concouroient à former. Ces corps acquerent leur plus grand degré de rareté, lorſque leurs parties s'éloignent tellement les unes des autres, qu'elles ne ſe touchent plus que par de très petits points : dans ce cas ces parties ont à peine une adhérence marquée entr'elles, & elles commencent à s'éloigner & à ſe ſéparer les unes des autres.

Pour concevoir plus aiſément les différens degrés d'accroiſſance que la rareté d'un corps peut acquérir ; concevez un cube formé de 64 autres cubes plus petits, égaux entr'eux, & diſpoſés avec ordre : concevez maintenant qu'on retranche 32 cubes de cette combinaiſon, & qu'on les retire de différens endroits du volume qu'ils formoient par leur réunion ; la maſſe cubique qui ſubſiſtera alors, conſervera encore le volume qu'elle avoit avant cette ſouſtraction ; mais elle ſera parſemée de petits eſpaces vuides, dont la ſomme additionnelle ſera égale au volume des 32 cubes qu'on en aura retirés, & conſéquemment l'étendue en ſolidité & en pores qu'on remarquera alors dans ce cube, ſera égale de part & d'autre, & ſera dans le rapport de 1 à 1.

Conſervant encore le même volume, retranchez de la maſſe ſubſiſtante & compoſée de 32 cubes, retranchez-en 16, il n'en reſtera plus que 16, qui compoſeront la ſolidité de cette maſſe ; & à la ſomme additionnelle 32, des pores qu'il y avoit dans cette maſſe, avant cette derniere ſouſtraction, il faudra ajoûter celle qui naît de cette derniere opération, qui eſt égale à 16 : la ſomme des pores, après cette derniere opération, ſera donc à la ſolidité de la maſſe cubique, comme $32 + 16 : 16$, ou comme $48 : 16$ ou $:: 3 : 1$.

Si des 16 cubes qui reſtent actuellement, on conçoit encore qu'on en retranche 8, il faudra ajoûter à la ſomme des eſpaces vuides un nombre égal à celui des cubes qu'on aura retranchés : la ſomme des pores deviendra donc $= 32 + 16 + 8$, qui ſera à la ſolidité reſtante $:: 56 : 8$, ou $:: 7 : 1$.

Si on conçoit encore qu'on retranche 4 cubes des 8 qui ſubſiſtent, la ſomme des pores ſera $32 + 16 + 8 + 4 = 60$, qui ſera à la ſomme qui exprimera celle de la ſolidité de la maſſe, comme $60 : 4$, ou $:: 15 : 1$.

Qu'on conçoive encore deux cubes ſouſtraits des 4 qui reſtent, la ſolidité de la maſſe deviendra $= 2$, & les eſpaces vuides ſeront $= 62$; le rapport des pores à la ſolidité ſera donc égal à celui de $62 : 2$, ou $:: 31 : 1$.

Enfin qu'on imagine qu'on ſupprime encore un des cubes des deux qui reſtent, la ſomme de pores ſera $= 63$, & ſon rapport à la ſolidité de la maſſe ſera $:: 63 : 1$.

Pour exprimer cela d'une maniere générale, ſoit appellé, a, le cube dont

nous avons fait mention : cela posé, voici quels seront les rapports des espaces solides & des espaces vuides.

Les espaces solides.	Les espaces vuides.
$\frac{1}{2}$ a	$\frac{1}{2}$ a.
$\frac{1}{4}$ a	$\frac{1}{2}$ a + $\frac{1}{4}$ a.
$\frac{1}{8}$ a	$\frac{1}{2}$ a + $\frac{1}{4}$ a + $\frac{1}{8}$ a.
$\frac{1}{16}$ a	$\frac{1}{2}$ a + $\frac{1}{4}$ a + $\frac{1}{8}$ a + $\frac{1}{16}$ a.
$\frac{1}{32}$ a	$\frac{1}{2}$ a + $\frac{1}{4}$ a + $\frac{1}{8}$ a + $\frac{1}{16}$ a + $\frac{1}{32}$ a.
$\frac{1}{64}$ a	$\frac{1}{2}$ a + $\frac{1}{4}$ a + $\frac{1}{8}$ a + $\frac{1}{16}$ a + $\frac{1}{32}$ a + $\frac{1}{64}$ a.

On pourra pousser cette progression aussi loin qu'on le jugera à propos.

Si l'espace vuide qui naît de la soustraction de quelques parties solides d'une masse totalement solide, & qui conserve toujours son même volume ; si, dis-je, cette étendue étoit $=\frac{1}{3}$, & que la solidité de la masse fût $=\frac{2}{3}$: & qu'en continuant la soustraction des parties solides de cette masse, on conserve le même rapport entre les espaces vuides & la solidité ; dans le cas que cette masse seroit composée de 360 parties, voici quels seroient les rapports de la porosité à la solidité dans les six premieres soustractions qu'on feroit.

120	240.
200	160.
253 $\frac{1}{3}$	106 $\frac{2}{3}$.
288 $\frac{8}{9}$	71 $\frac{1}{9}$.
312 $\frac{16}{27}$	47 $\frac{11}{27}$.
328 $\frac{27}{71}$	31 $\frac{44}{71}$.

C'est de cette maniere qu'on peut combiner les rapports de la solidité à la porosité des corps. Si on prend un solide composé de 360 parties semblables, & dont la solidité soit, par rapport à sa porosité, dans le rapport de 10 : 1 ; après la sixieme soustraction, le rapport de sa porosité à sa solidité sera, à peu de choses près, comme 168 : 191.

§. XC. La rareté d'un corps diminue à proportion que ses parties se rapprochent davantage les unes des autres : & il devient parfaitement solide, lorsque ses parties sont tellement rapprochées, qu'il ne reste plus aucun pore disséminé dans toute l'étendue de sa masse.

§. XCI. Nous découvrons des pores dans toute l'étendue des corps que nous pouvons soumettre à nos recherches, & que nous pouvons examiner, soit que ces corps soient tirés du regne minéral ou végétal.

1°. Si on expose devant la lumiere, des feuilles de l'or le plus pur qu'on puisse trouver, & très minces, elles imitent parfaitement un verre transparent, & qui seroit d'une couleur verte. Des feuilles également minces,

mais d'un or moins parfait, paroiſſent d'une couleur bleue azur; & on remarque non-ſeulement dans ces ſortes de feuilles, mais encore dans celles qui ſont d'argent, de ſimilor, d'étain, on remarque, dis-je, un grand nombre de pores, qu'on peut diſtinguer très clairement, en expoſant ces feuilles ſous la lentille d'un microſcope, qui, en groſſiſſant les objets qu'on lui préſente, fait qu'on les obſerve plus commodément. Les ſubſtances qui ſont tirées du regne végétal, nous offrent des objets très curieux à examiner, ſoit que ce ſoit des bois d'une très grande ſolidité, ſoit que ce ne ſoit que des plantes encore tendres [*Tab.* 1. *fig.* 7. 8.]; car ſi on en coupe de petites tranches très minces, elles nous laiſſent appercevoir une multitude prodigieuſe de pores. Les parties qui ſont tirées du regne animal ne paroiſſent pas avoir des pores ſi ouverts que celles qui appartiennent aux ſubſtances du regne végétal; comme on peut le remarquer en jettant la vue ſur une membrane dépeinte [*Tab.* 1. *fig.* 9.].

2°. Comme nous avons démontré que les parties ſolides d'un corps quelconque ne pouvoient pas être pénétrées par tout autre corps; ſi nous remarquons que certains corps pénetrent une maſſe contre laquelle ils ſont portés, il faut néceſſairement que cette maſſe ſoit poreuſe. La lumiere pénetre & s'inſinue dans tous les corps minces; car lorſqu'on expoſe au microſcope de petites tranches de toutes ſortes de corps, elles paroiſſent tranſparentes : les corps les plus épais nous laiſſent obſerver la même choſe. En effet, ſi vous expoſez votre doigt vers un trou pratiqué à un des volets d'une chambre noire, le ſoleil qui le frappera, le fera paroître auſſi tranſparent que de la corne; parceque la lumiere s'inſinuera & pénétrera les pores qui ſont à ſa ſurface : pareillement les nœuds épais qu'on remarque dans le bois, & qui contiennent de la réſine, paroîtront tranſparens, ſi on les expoſe à la lumiére. Tous les corps ſont donc poreux; car quel eſt le corps, ſoit ſolide, ſoit fluide, qui ne s'échauffe promptement lorſqu'on l'expoſe à l'action du feu, & qui par conſéquent ne ſoit pénétré par les parties ignées? Le feu, tout matériel qu'il ſoit, pénetre donc tous les corps, tant ſolides que fluides : il ne pénetre pas, à la vérité, la ſubſtance même de ces corps, puiſqu'elle eſt impénétrable; mais ſeulement les pores, c'eſt-à-dire les petits eſpaces vuides qui ſont diſſéminés entre les parties qui conſtituent les ſubſtances matérielles : il les pénetre & il s'en échappe auſſi-tôt. Bien plus les évaporations des encres ſympathiques qui pénetrent le bois, les métaux, le papier, & qui font paroître de l'écriture qui n'étoit pas ſenſible avant cette évaporation, ſont autant de preuves manifeſtes de la poroſité des corps.

3°. Il y a encore des fluides, qui, quoique fort épais, pénetrent certains corps, & conſtatent l'exiſtence de leurs pores. M. *Homberg* a démontré cette vérité par pluſieurs expériences (1). Il prépara de l'antimoine de maniere qu'il pût ſe fondre par un feu très doux, & qu'il pût acquérir la conſiſtance d'une cire fondue; ayant mis de cette préparation ſur une lame d'argent, il la fit chauffer : l'antimoine pénétra l'argent, de même que l'eau pénetre le papier gris, à travers lequel elle ſe filtre : la ſubſtance de la lame n'en fut nullement endommagée, ſi ce n'eſt qu'elle fut noircie (2). Le mer-

(1) Duhamel, Hiſt. Acad. p. 377. (2) Hiſt. de l'Acad. ann. 1713, p. 409.

cure pénetre dans l'or, dans l'argent, dans le cuivre, dans l'étain, dans le plomb, de la même maniere que l'eau s'insinue dans une éponge. L'onguent mercuriel, étant appliqué sur la peau de l'homme, le mercure qu'il contient se fait jour à travers les pores de la peau, & pénetre dans les routes de la circulation. Le sublimé-corrosif, préparé avec l'antimoine, pénetre dans les métaux, & passe à travers sans les percer. On fait des cristaux avec de la chaux vive, du nitre, du sel marin, du soufre commun & du vinaigre distillé, qui se fondent lorsqu'on les expose à l'action d'un feu violent, & qui pénetrent ensuite à travers le fer sans le percer. L'eau pénetre les membranes animales, ramollit leurs fibres, & leur donne de la flexibilité : elle s'insinue dans toutes sortes de végétaux ; elle leur sert de nourriture, ou au moins elle est le véhicule qui leur porte la nourriture qui leur convient : elle pénetre dans le sucre, dans les sels, dans les sables, dans les terres & dans plusieurs poudres : si on la renferme dans des vases d'argent, d'étain, de plomb, & qu'on la presse fortement, elle se fait jour à travers ces différens corps, & elle s'échappe au-dehors. L'eau pénetre & s'insinue dans plusieurs pierres ; lorsqu'elle est chargée de rouille & de verd-de-gris, elle pénetre même profondément dans le marbre ; car cette pierre est si poreuse, qu'on parvient à lui imprimer différentes couleurs, à l'aide de quelques esprits, dans lesquels on fait fondre différentes résines (1). On parvient encore à peindre un morceau de marbre, si, après l'avoir fait chauffer, on le frotte avec de la cire, de la térébenthine, de la poix, du mastic, avec lesquels on a mêlangé des couleurs légeres (2) : c'est de cette maniere qu'on imprime sur les marbres ces touches de différentes couleurs qu'on admire encore aujourd'hui, & qui sont si recherchés. L'eau forte, pénétrant dans l'agate, efface les petits arbrisseaux & les différentes figures qu'on y remarquoit auparavant, & que nous nommons *dendrites* ; il faut donc que cette pierre, quelque solide qu'elle paroisse, soit poreuse, puisqu'elle s'imbibe d'eau forte (3). Les huiles mêmes pénetrent dans les soufres & dans plusieurs pierres.

4°. Les fluides ont cela de commun avec les solides, qu'ils sont poreux ; & c'est pour cette raison qu'ils se pénetrent mutuellement. Prenez une petite fiole de verre, dont le col soit long & étroit ; que ce col soit muni d'un bouchon de même matiere, qui puisse le fermer exactement : assurez-vous ensuite du poids de cette bouteille, en la pesant avec une balance fort exacte ; versez alors dans cette fiole, à différentes reprises, jusqu'à des hauteurs déterminées, différens fluides, & pesez-les les uns après les autres : si, après avoir exactement vuidé la fiole, vous la remplissez jusqu'aux $\frac{2}{3}$ de sa capacité avec de l'huile de vitriol, & que vous ajoûtiez par-dessus un tiers d'eau ; pour lors, après avoir fermé la fiole de maniere qu'aucune partie de ces liquides ne puisse s'en échapper, agitez la fortement, afin que ces deux liquides puissent se mêler ensemble ; il en résultera une effervescence. Cette effervescence étant passée, & la chaleur étant éteinte, vous observerez que le mêlange occupera un moindre espace que celui qu'occupoient conjointe-

(1) Journ. des Sav. ann. 1678, p. 122. Hist. de l'Acad. ann. 1728, 1731. (2) De Lanis Magist. Natur. & Art. V. 2. L. 1. C. 3. p. 35. (3) Hist. de l'Acad. ann. 1733, p. 35.

ment ces deux liquides avant leur mêlange ; ce qui provient de ce que les parties de l'eau se seront insinuées entre les parties de l'huile de vitriol, ou de ce que les parties de ce dernier fluide se seront insinuées entre les parties de l'eau ; ou peut-être de ce que les parties de ces deux liquides se seront mutuellement pénétrées. Vous observerez le même phénomene si vous mêlez ensemble $\frac{2}{3}$ d'eau & $\frac{1}{3}$ d'esprit-de-vin ; le mêlange perdra $\frac{1}{20}$ de son volume. De l'eau mêlée avec de l'esprit de nitre, avec de l'esprit de sel marin, ou avec une dissolution de sel de tartre, produit encore le même effet. *Hauksbée* (1), *Réaumur* (2), *Hook* (3), assurent que le même effet a lieu si on mêle du vinaigre avec une lessive de sel de soude ou de tartre ; que l'air se laisse pénétrer par tous les fluides qui le pompent, si on peut ainsi s'exprimer ; car ceux qui en sont parfaitement saturés, n'acquerent pas pour cela un plus grand volume, au moins sensiblement. On seroit obligé de tenter ces expériences & d'examiner les résultats du mêlange de tous les fluides, si on vouloit connoître ceux qui se pénetrent, ceux qui augmentent de volume par la pénétration, ceux qui conservent celui qu'ils avoient avant la pénétration, & ceux qui perdent de celui qu'ils avoient.

§. XCII. On remarque une grande diversité dans la grandeur, la multitude & la figure des pores, & il n'est pas possible d'en donner la description, comme il paroît manifestement lorsqu'on considere & qu'on examine les corps à l'aide du microscope. Il n'y a personne qui ne considere avec plaisir la variété qu'on découvre dans les pores des végétaux : ceux qui ne pourront pas faire ces recherches eux-mêmes, pourront consulter à ce sujet les Observations de *Malpighi* (4), *Leeuwenhoek* (5), *Adams* (6) qui ont décrit, avec toute l'attention possible [*Tab.* 1. *fig.* 7. 8. 9. 10.] les pores des végétaux. Lorsqu'on contemple avec attention les pores de différentes substances, on remarque que les parties solides dont elles sont composées ne sont presque rien, en comparaison du grand nombre de pores qui s'y trouvent. Tels sont sur-tout le liege, les éponges & les différens bois légers. Il est fâcheux qu'il ne se trouve aucun grand corps qui soit sans pores ; car s'il y en avoit de tels, nous pourrions savoir au juste combien il y a d'étendue poreuse dans chaque corps. En effet, supposons une masse parfaitement solide, qui soit d'un pouce cubique, & qui pese comme 1 ; si on compare ce solide avec un autre de mêmes dimensions, mais qui pese une fois moins, la porosité de ce dernier sera égale à sa solidité. Mais ce corps absolument solide, qui doit servir de terme de comparaison, n'existe point dans la Nature : ce qui nous met hors d'état de pouvoir juger de la porosité des corps. Cependant, pour en donner une idée, considérons un morceau d'or qui est fort pesant, quoiqu'il soit poreux ; supposons pour un instant, que ses pores comprennent la moitié de son étendue : (ce qui est bien éloigné de la vérité ; car il est beaucoup plus poreux que solide). Or la pesanteur d'une certaine quantité d'eau qui auroit un même volume que l'or,

(1) Physico Mecha. Exper. App. Exp. 13. p. 294. (2) Hist. de l'Acad. ann. 1733, p. 25. 228. (3) Exper. per Derham, p. 207. (4) Anat. des Plantes, T. 5. fig. 19. T. 6. fig. 21. 25. 26. (5) Epist. 29. fig. 2. 6. 8. 9. 10. 13. 3 Continuat. Epist. 74. p. 479. fig. 10. 12. 13. 18. Continuat. 5. Epist. 88. p. 44. fig. 6. 7. (6) Microgr. illustr. Tab. 48. 49. 50. 51.

eſt 19, 5 moindre que celle de l'or; la quantité de pores qui ſera dans l'eau, ſera donc à celle des pores de l'or : : 19, 5 : 1, ou : : 39 : 2. Mais nous ſuppoſons que les pores de l'or font la moitié de ſon volume ; il faut donc doubler le rapport que nous venons d'indiquer : ainſi la ſolidité de l'or ſera à celle du même volume d'eau, comme 39 : 1. Et pour chaque partie ſolide d'eau, dont l'étendue = 1, il y aura une étendue poreuſe = 38. La peſanteur de l'or étant à celle du liege : : 81, 5 : 1; la poroſité du liege ſera donc à ſa ſolidité : : 163 : 1.

§. XCIII. Afin que nous puiſſions nous former une idée de la compoſition & de la texture des corps qui ont une certaine étendue, ſuppoſons que pluſieurs tamis percés d'une grande quantité de trous, ſoient poſés les uns ſur les autres, il en réſultera une maſſe, qui ſe trouvera de tous côtés percée d'outre en outre de pluſieurs trous. Tous les corps ſont compoſés de cette maniere ; &, pour ſe former une idée de la façon dont ils peuvent être pénétrés, nous recourons à la comparaiſon ſuivante : de même que la pouſſiere paſſe par un crible, lorſqu'elle eſt plus petite que les trous qui s'y trouvent; de même auſſi les parties les plus fines pourront paſſer à travers la maſſe qui réſultera de la ſuperpoſition des tamis dont nous venons de parler. Une diſſolution de chaux vive mêlée avec de l'orpiment, exhale des parties très ſubtiles, qui, pénétrant pluſieurs feuilles de papier, donnent une couleur noire à des lettres qu'on a tracées ſur la derniere feuille avec du vinaigré chargé de ſel de ſaturne. Si l'on enveloppe une piece d'argent dans beaucoup de papier & de linge, & qu'on la tienne ſuſpendue au-deſſus d'un vaſe qui contienne de l'eſprit volatil & fumant de ſoufre, elle deviendra dans peu de tems toute noire. L'eſprit de nitre fait avec l'huile de vitriol, ſelon la méthode de M. *Geoffroy*, ainſi que le ſel volatil d'urine, ſe font un paſſage à travers les pores du verre blanc, & s'évaporent. Les parties odoriférantes du muſc & de la civette s'échappent par les pores des boîtes de bois. Les eſprits du vin & le brandevin s'évaporent à travers les tonneaux. Il arrive cependant que des matieres plus ſubtiles, & qui ſont plus petites que l'ouverture des pores des vaſes qui les contiennent, ne s'échappent pas, à cauſe d'une vertu répulſive qui ſe trouve entre différens corps : c'eſt pour cette raiſon que l'eau pénetre aiſément une veſſie de porc, lorſqu'elle eſt mouillée, & que l'eſprit-de-vin ne peut paſſer à travers ſes pores, quoique les parties de l'eſprit de-vin ſoient beaucoup plus ſubtiles que celles de l'eau. Les pores du liege ſont beaucoup plus larges que les parties de l'eau & du vin ; cependant aucun de ces deux liquides ne peut pénétrer à travers le liege & paſſer outre. La lumiere ne pénetre qu'avec peine à travers un papier blanc; mais ſi vous l'imbibez d'huile, elle y paſſera aiſément.

§. XCIV. Il peut ſe trouver des corps très denſes, qui aient très peu de pores, mais dans leſquels ils ſoient très ouverts ; & il peut s'en trouver d'autres très rares, dans leſquels les pores ſoient très petits, mais très nombreux : pour lors les plus denſes donneront entrée à un fluide plus épais que ceux qui ſeront plus rares. Nous ne pouvons rien avancer de certain ſur la grandeur des pores, lorſque nous n'avons pas examiné en particulier les ſubſtances ſur leſquelles nous voulons porter notre jugement; car il peut même arriver que les pores d'un même corps ſoient de différentes grandeurs, ainſi

qu'on le remarque clairement dans les végétaux: & il pourroit bien ſe faire qu'il en fût ainſi de tous les autres corps.

§. XCV. Comme tous les grands corps ſont poreux, il eſt impoſſible de ſavoir quelle eſt la véritable grandeur de leur ſolidité lorſqu'on vient à les meſurer ; car on meſure autant l'étendue des pores que celle des parties ſolides : & comme nous ne pouvons déterminer l'étendue des pores dans les corps, nous ne pouvons non plus fixer la grandeur des parties ſolides dans quelque corps que ce ſoit.

§. XCVI. Les pores de différens corps ſont ſouvent, en quelque façon, remplis par des ſubſtances étrangeres & en partie vuides. Ceux des végétaux contiennent, pour l'ordinaire, du feu, de l'air, de l'eau, & différentes émanations qui ſurnagent dans l'atmoſphere; & cela parceque ces pores ſont très ouverts. Dans les corps dont les pores ſont plus ſerrés, il ne peut pénétrer que des parties plus ſubtiles; tels que la matiere du feu, les écoulemens électriques, &c : & encore ces pores ne ſont pas tellement remplis de ces corpuſcules, qu'il ne ſe trouve encore quelqu'eſpace vuide dans leur étendue. En effet un morceau de métal qui eſt froid, ne contient que très peu de feu, & qu'une très petite portion de matiere électrique; mais ſi on le fait chauffer, il contiendra alors plus de parties ignées : on peut auſſi faire paſſer dans les pores des métaux une plus grande quantité de matiere électrique ; de ſorte qu'il eſt conſtant que les pores des métaux qu'on a expoſés à l'action du feu, ou qu'on a électriſés, ſont beaucoup plus remplis qu'auparavant : mais auſſi ils reviennent dans leur état naturel, & ils ſe dépouillent des parties ſurabondantes de matiere ignée & de matiere électrique dès qu'ils ſe réfroidiſſent, ou que la matiere électrique s'en ſépare.

§. XCVII. Puiſque les corpuſcules étrangers qui s'emparent de l'eſpace que les parties ſolides des corps laiſſent entr'elles, ſont tantôt en plus grande, tantôt en moindre quantité ; ces corpuſcules font que la maſſe de ces corps varie, tandis qu'elle demeure conſtamment la même, relativement aux parties qui lui ſont propres & qui la conſtituent.

§. XCVIII. Il paroît que les grands corps ſont à-peu-près compoſés de la maniere ſuivante. Concevons que trois ou quatre, ou même un plus grand nombre de particules indiviſibles, ſe réuniſſent enſemble & ne faſſent qu'une maſſe d'une certaine figure, que je nommerai A [*Tab.* 1. *fig.* 11.], & que j'appellerai maſſe du premier ordre. Suppoſons enſuite que quelques-unes de ces maſſes ſe réuniſſent, & en forment une autre : je nommerai cette ſeconde maſſe une maſſe, du ſecond ordre, ou une maſſe plus grande que la premiere, telle que B. [*Tab.* 1. *fig.* 12.]. Suppoſons encore que quelques-unes de ces dernieres, en ſe joignant les unes aux autres, compoſent une troiſieme maſſe ; je nommerai celle-ci une maſſe du troiſieme ordre. Peut être ſe fait-il dans la Nature des maſſes qui ſont formées de la réunion de celles du troiſieme, & même du quatrieme, du cinquieme, du ſixieme ordre. Les grands corps ſe forment de pareilles maſſes de différens ordres.

§. XCIX. Diverſes obſervations ont fait admettre à pluſieurs Philoſophes les différens ordres dont nous venons de parler. En effet un fil d'acier, lorſqu'il eſt trempé, ſe trouve beaucoup plus dur que lorſqu'il n'eſt pas trempé : cependant

un fil trempé n'eſt pas en état de ſoutenir un poids auſſi peſant que celui que pourroit ſoutenir un fil qui ne ſeroit pas trempé ; il faut par conſéquent que les parties qui compoſent le plus grand ordre, dans le fil trempé, ſoient moins adhérentes que dans le fil non trempé. L'acier de cette derniere eſpece reçoit un moins beau poli que celui qui eſt trempé ; & le premier eſt plus noir que celui-ci : d'où il paroît que l'acier non trempé contient, dans les plus grands pores de ſes plus grandes parties, du phlogiſtique, ou une huile noire ; mais quand on l'expoſe à l'action du feu, tous ſes pores, même ceux qui réſident entre les parties du premier ordre qui le compoſent, tous ces pores, dis-je, s'aggrandiſſent, le phlogiſtique le pénetre & s'y inſinue ; ſi on expoſe cet acier encore rouge à un froid ſubit qui le ſaiſiſſe, on chaſſe par ce moyen, & on pouſſe l'huile noire dont nous venons de parler, juſques dans les plus petits pores que renferme ſa ſubſtance, & les grands n'en contiennent plus alors : ce qui lui fait perdre la couleur noire qu'il avoit auparavant. De là les parties du premier ordre acquerent entr'elles une plus grande adhérence, par rapport à l'huile qu'elles ont reçue, & qui leur ſert de *gluten*, & les parties du plus grand ordre deviennent moins ſolides, par la raiſon contraire. Si on expoſe enſuite l'acier trempé à un feu lent, & qu'on le faſſe paſſer par différens degrés de chaleur, juſqu'à ce qu'il rougiſſe ; alors tous ſes pores s'ouvrant, l'huile s'échappe inſenſiblement des petits eſpaces qui la contenoient, & la ſurface de l'acier acquere différentes couleurs, elle devient d'un jaune de paille, d'un jaune plus foncé ; enſuite elle devient couleur d'or, de-là d'or mêlé de pourpre, après cela couleur de pourpre foncé, violette, bleue, &c. Il eſt très probable que les petites parties de l'eau ſont rondes [*Tab.* 1. *fig.* 6.] : ſuppoſons donc qu'on décrive autour de chaque globule d'eau un cube, & que tous ces cubes ſoient des maſſes ſolides, de même que chaque globule d'eau. La ſolidité de chaque cube ſera donc par rapport à celle de chaque globule d'eau dans le rapport de 300 : 157, ou approchant ; par conſéquent toute la maſſe des cubes, qui fait un corps ſolide, ſera, par rapport à tous les globules inſcrits, dans le rapport de 300 : 157 ; il en ſera de même de leurs poids Mais quoique l'or ſoit poreux, la ſolidité d'un volume d'or égal à celui des cubes dont nous venons de parler, eſt à la ſolidité d'un pareil volume d'eau comme 39 : 2. Et par conſéquent il eſt impoſſible que les globules d'eau puiſſent être des parties ſolides ſans pores ; mais elles doivent être compoſées de plus petites parties, qui, étant entaſſées les unes ſur les autres, laiſſent entr'elles un grand nombre de pores : celles ci ſont compoſées de plus petites encore, qui en laiſſent auſſi entr'elles, ainſi qu'on peut le voir en jettant les yeux ſur le globule A, qui eſt compoſé de quatre autres globules plus petits, entre leſquels il y a des pores ; & chacun de ces derniers eſt compoſé de quatre autres plus petits, qui ont auſſi les leurs. On peut ſe convaincre de l'exiſtence de ces différens ordres de parties, ſi on examine certains corps à l'aide d'un bon microſcope [*Tab.* 1. *fig.* 14.]. On les diſtingue très clairement dans le ſang des animaux [*Tab.* 1. *fig.* 15.]. Si on expoſe du ſang ſous la lentille d'un microſcope, & qu'on l'examine avec attention, on découvre que chaque globule rouge ſe partage en ſix autres plus petits globules ſéreux de couleur

jaune ;

jaune : & ſi on les examine encore avec patience, on verra ces ſix globules ſe ſéparer les uns des autres, & ſe diviſer en ſix autres globules aqueux, qui ſont ſi tranſparens & ſi fins, qu'il n'eſt pas poſſible de pouſſer plus loin ſes recherches. Quiconque s'applique à faire des obſervations microſcopiques, & examine avec attention différens corps qui flottent dans l'eau, doit s'appercevoir de la réunion de pluſieurs globules, qui forment enſuite des maſſes de différentes figures & de différentes grandeurs : ce qui prouve que les différens ordres de corpuſcules que nous avons établis pour parties conſtituantes des corps, n'eſt pas une hypotheſe purement gratuite.

§. C. Si on ſuppoſe que les particules indiviſibles ſoient entierement ſemblables entr'elles, il pourra s'en former de petites maſſes du premier ordre, qui ſeront ſemblables les unes aux autres, ou qui différeront ſuivant la différence qui ſe trouvera dans la maniere ſelon laquelle ces particules ſeront arrangées entr'elles. Suppoſons que les dernieres parties indiviſibles ſoient des globules, dont ſix, venant à ſe réunir, forment une petite maſſe du premier ordre; ces ſix globules peuvent être placés entr'eux de différentes manieres, comme on peut le remarquer en A, B, C ; D, E, F, G, H, I, K [*Tab.* 1. *fig.* 16.] : d'où il paroît que les différentes figures & les différentes formes qu'on remarque dans les corps d'une certaine étendue, ne ſuppoſent pas différentes figures dans les parties élémentaires qui conſtituent ces corps.

§. CI. Si les derniers corpuſcules indiviſibles ne ſe reſſemblent pas quant à la forme, ils peuvent former, quoique raſſemblés en nombre égal, de petites maſſes du premier ordre, qui ſeront fort différentes entr'elles, tant en grandeur qu'en figure & en combinaiſon.

§. CII. On conçoit par tout ce que nous venons de dire, que les petites maſſes du premier ordre peuvent différer beaucoup entr'elles, en grandeur, en figure, en poroſité, en épaiſſeur, en peſanteur & en adhérence, ſuivant la différence qu'il y aura entre les parties indiviſibles qui les compoſeront, ſoit à l'égard du nombre, de l'arrangement, de la figure, ou de la grandeur de ces parties. Les petites maſſes du ſecond ordre peuvent auſſi différer entr'elles en une infinité de manieres. Il en eſt auſſi de même à l'égard des petites maſſes de tout autre ordre quelconque. On peut donc concevoir aiſément comment de pareilles petites maſſes peuvent former les grands corps, qui different les uns des autres en une infinité de manieres, tant en figure qu'en grandeur, en peſanteur, en épaiſſeur & en ſolidité.

Si un corps eſt compoſé de parties entre leſquelles il ſe trouve une étendue poreuſe auſſi grande qu'eſt leur propre étendue; & ſi ces parties ſont auſſi formées de particules qui ne ſoient pas moins poreuſes que leur propre étendue ; ſi enfin la même choſe a lieu à l'égard de ces particules ; en ſuppoſant trois ordres ſemblables, il y aura dans une telle maſſe ſept fois plus d'étendue poreuſe que d'étendue ſolide : & de cette maniere : en ſuppoſant quatre ordres, & le dernier ordre entierement ſolide, l'étendue poreuſe ſera quinze fois plus grande que l'étendue ſolide; & en ſuppoſant cinq ordres pareils, la maſſe aura trente & une fois plus de poroſité que de ſolidité. Enfin, en ſuppoſant ſix ordres, il ſe trouvera dans la maſſe ſoixante & trois fois plus de poroſité que de ſolidité ; car la quantité des pores ſuit la pro-

greſſion des nombres 1, 3, 7, 15, 31, 63; car leur étendue croît ſelon la progreſſion $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64}$. leſquelles fractions étant réduites à la même dénomination $= \frac{32}{64} \cdot \frac{48}{64} \cdot \frac{56}{64} \cdot \frac{60}{64} \cdot \frac{62}{64} \cdot \frac{63}{64}$. La ſolidité des corps décroît ſelon cette progreſſion-ci : $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{4} - \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{4} - \frac{1}{8} - \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{4} - \frac{1}{8} - \frac{1}{16} - \frac{1}{32} \cdot \frac{1}{1} - \frac{1}{4} - \frac{1}{8} - \frac{1}{16} - \frac{1}{32} - \frac{1}{64}$; leſquelles fractions étant pareillement réduites au même dénominateur $= \frac{32}{64} \cdot \frac{16}{64} \cdot \frac{8}{64} \cdot \frac{4}{64} \cdot \frac{2}{64} \cdot \frac{1}{64}$. De-là on aura les rapports ſuivants entre l'étendue poreuſe & l'étendue ſolide des corps.

32 . . . 32	::	1 :	1.
48 . . . 16	::	3 :	1.
56 . . . 8	::	7 :	1.
60 . . . 4	::	15 :	1.
62 . . . 2	::	31 :	1.
63 . . . 1	::	63 :	1.

§. CIII. Les grands corps, qui ſont compoſés de petites maſſes d'un ſeul ordre, ſont *homogenes* : de pareils corps peuvent néanmoins être de différentes ſortes, ſuivant la différence des petites maſſes de chaque ordre qui les compoſent ; mais ſi les petites maſſes ſont compoſées de toute ſorte d'ordre, ou même d'un ſeul ordre, mais que ces petites maſſes ſoient différentes entr'elles, quant à la figure, à la grandeur, à la denſité, le corps qui en réſultera ſera *hétérogene*, & d'autant plus hétérogene, qu'il y aura un plus grand nombre d'ordres, ou qu'il y aura plus de différence entre les ordres qui le compoſeront.

§. CIV. L'expérience nous apprend que tous les grands corps ſont extraordinairement hétérogenes, & qu'on doit les regarder comme un mêlange de différentes ſubſtances, dont les plus ſimples ſont l'eau, le phlogiſtique, la terre : on doit cependant croire qu'il en exiſte encore d'autres que nous ne connoiſſons pas, & qui ſont auſſi ſimples que celles que nous venons d'indiquer. Les procédés chymiques nous apprennent que l'eau pure ne fournit jamais que de l'eau : le phlogiſtique eſt, à proprement parler, ce qui conſtitue la matiere inflammable des mixtes. On ne le trouve preſque jamais ſimple & dans ſon état naturel : il eſt preſque toujours enveloppé dans d'autres ſubſtances avec leſquelles il compoſe un mixte particulier, telles que ſont les huiles, les baumes, les réſines, les graiſſes : il eſt plus enveloppé dans certains corps que dans d'autres ; à peine peut-on le développer de l'or & de l'argent, quoiqu'on les traite avec le feu le plus violent, à moins qu'on ne les expoſe au foyer d'un miroir ardent d'une très grande étendue, & qui puiſſe ramaſſer une grande quantité de rayons ſolaires. Ce même phlogiſtique eſt moins adhérent aux autres métaux, tels que le cuivre, le fer, le plomb, l'étain : il eſt encore bien moins enveloppé dans les ſemi-métaux : on le retire très aiſément des végétaux & des ſubſtances animales. La terre élémentaire eſt une ſubſtance homogene, ſimple, inſipide,

ſans odeur, dure, & qui ne ſe diviſe qu'avec beaucoup de peine. Si tant eſt qu'elle ſoit diviſible en pluſieurs parties, elle réſiſte au feu, & n'en reçoit aucun changement lorſqu'elle n'eſt pas alliée à d'autres ſubſtances: quelquefois elle blanchit, ainſi qu'on peut le remarquer dans la cendre des os qu'on calcine. Mais outre la terre élémentaire dont nous venons de parler, on diſtingue pluſieurs eſpeces de terres; ſavoir, les alkalines ou calcaires, les terres vitrifiables, argilleuſes, qui ſont, ſelon toutes les apparences, compoſées de différentes parties plus petites, & en leſquelles elles pourront être réduites par la ſuite: toutes ces terres ſont différentes les unes des autres, par leur ténuité, leur couleur, leur odeur, leurs différens degrés de fixité, &c. Ces terres font la baſe de tous les corps; car les ſix eſpeces de métaux que nous connoiſſons juſqu'à préſent, ſont compoſés de terre vitrifiable, & d'une autre eſpece de terre graſſe, qui contient le phlogiſtique qui lie & unit plus fortement les parties métalliques entr'elles, & qui leur donne, du moins en grande partie, la ductilité que nous leur connoiſſons; puiſqu'ils perdent cette propriété ſi-tôt qu'on les dépouille de leur phlogiſtique, & qu'alors ils ne contiennent plus qu'une terre mercurielle dont on retire un ſel acide marin (1). Toutes ces terres ſont originairement fluides; elles réſident dans les entrailles de la terre, d'où elles s'élevent, ſous la forme de vapeurs & d'émanations, juſques dans les crevaſſes & dans les fentes des montagnes, où elles ſe fixent, ſe combinent pluſieurs enſemble, y forment des maſſes ſolides qui paroiſſent homogenes, qui ſont, ou des minéraux que l'Art peut convertir en métaux, ou de véritables métaux. L'étain eſt compoſé de terre calcaire, de terre vitrifiable, de terre mercurielle & de terre phlogiſtique, mais en petite quantité. La terre mercurielle domine dans la compoſition du ſoufre, & elle eſt unie avec une terre vitrifiable; ces deux ſubſtances unies enſemble ſe vitrifient aiſément. Il entre encore dans la compoſition du plomb une petite quantité de terre phlogiſtique. *Cramer* (2), *Gellert* (3), & pluſieurs autres encore nous ont appris les différens procédés qu'il faut obſerver pour retirer & pour purifier les métaux qui ſont contenus dans différentes ſubſtances. Les métaux fragiles ou les demi-métaux ſont compoſés des mêmes terres mêlées avec l'arſenic; car il eſt conſtant que l'antimoine eſt compoſé de ſoufre, d'une terre très peu métallique, & d'arſenic. Le biſmuth & le zinc ſont compoſés des mêmes principes.

L'arſenic tire ſon origine de l'acide du ſel marin: c'eſt pour cela que lorſqu'on le ſublime avec le mercure, il produit du ſublimé-corroſif. L'arſenic outre cela, contient encore une terre métallique; de-là, lorſqu'on l'unit avec du ſavon, il forme du régule, qui peut s'amalgamer avec pluſieurs métaux & les transformer: car l'arſenic diſſout dans l'eau forte, précipité par la craie & paſſé à la coupelle avec le plomb, produit de l'argent, au rapport de *Henkell.* M. *Eller* nous apprend qu'il parvint à avoir de l'argent, en mettant en digeſtion de l'arſenic avec du ſoufre minéral, du régule d'antimoine & du ſublimé-corroſif (4).

Le ſoufre commun eſt formé d'une terre légere, unie avec un ſel acide,

(1) Pott Diſſert. de Sulph. metall. ſ. 4. Hiſt. de l'Acad. ann. 1738. (2) Crameri Docimaſia. (3) Gellert, Chymie metallurgique. (4) Hiſt. de l'Acad. de Berlin 1753, pag. 44.

& une certaine quantité de phlogiftique. Les Chymiftes font parvenus à former du foufre factice (1).

Les fels font compofés d'eau & de différentes terres. L'alun eft fait d'argille & d'huile de vitriol mêlées avec de l'eau : il entre encore dans fa compofition un fel alkali (2). Les pierres font le réfultat de différentes terres mêlées avec de l'eau, dont les parties font liées par une efpece de gluten, ou par l'action du feu. Il entre encore dans la compofition des pierres différentes autres fubftances, & dans des proportions variées à l'infini ; d'où réfulte cette variété infinie qu'on remarque dans la dureté, la couleur, la denfité, le poids, l'opacité, la tranfparence, &c. des différentes pierres que nous connoiffons. Il entre dans la compofition des végétaux différens efprits, tels que l'efprit recteur, *le Gas-Silveftre*, de l'eau, du vinaigre, des gommes, des baumes, des réfines, diverfes fortes d'huiles, différens fels (3), & de la terre.

On trouve auffi que les parties animales font compofées d'efprits fubtils & volatils, de fels volatils, d'eau, d'huiles, de phofphore & de terre. On diftingue dans les animaux des parties folides & des parties fluides ; & on obferve une même variété entre leurs parties folides qu'entre leurs parties fluides : car les folides font, ou des membranes de plufieurs efpeces, les unes font molles & ne réfiftent que très peu, les autres font dures & élaftiques ; ou des cartilages, des os, des cheveux, &c.

§. CV. Les qualités des grands corps varient à proportion qu'ils font compofés d'un plus grand ou d'un plus petit nombre de différentes parties de différens ordres ; & même, felon que ces parties different entr'elles, foit quant à leur nombre, foit quant aux différens ordres auxquels elles appartiennent, foit quant à leur difpofition entr'elles : il en réfulte alors des maffes de figures différentes : de-là toutes ces différences qu'on peut faifir au premier coup-d'œil ; car on ne rencontre pas dans une forêt, non-feulement deux arbres qui fe reffemblent, mais encore deux feuilles qui foient tout-à-fait femblables. On ne trouve pas dans la Nature deux hommes qu'on ne puiffe pas diftinguer l'un de l'autre, ni même deux animaux qui fe reffemblent parfaitement ; ainfi que le penferent fort bien autrefois les Stoïciens, au rapport de *Cicéron* (4) & de *Pline* (5).

§ CVI. Lorfqu'on examine cependant de petits corps qui font formés du concours de plufieurs petites portioncules de matiere homogene, ils paroiffent parfaitement femblables, & on ne découvre aucune différence, foit dans leur figure, foit dans leur éclat, foit dans leur grandeur.

Lorfqu'on a féparé un rayon coloré du faifceau de lumiere qui le contenoit, & qu'on examine attentivement & pendant long-tems ce petit rayon, on ne découvre aucune variété dans fa couleur : d'où il paroît affez naturel de croire que les petites parties lumineufes qui compofent un rayon donné, font parfaitement femblables entr'elles ; car fi les parties qui compofent, par exemple, le rayon rouge, étoient différentes les unes des autres, pour quelle raifon n'exciteroient-elles pas des fenfations différentes ?

(1) Hift. de l'Acad. de Berlin 1753, p. 28. (2) Ibid. 1754, p. 31. (3) Hift de l'Acad. des Scienc. ann. 1738, p. 273. De la Garaye, Chymie hydraulique. (4) Tufcul. Quæft. Lib. 4. (5) Plin. in Hift. Natur.

A moins qu'on ne crût, & fans un fondement légitime, que des caufes différentes doivent produire des effets femblables. Or il eft plus naturel de penfer, & il paroît même conftant, que fi les parties lumineufes qui compofent un rayon primitif, étoient différentes les unes des autres; elles exciteroient chacunes des fenfations particulieres, & on obferveroit dans le plus petit rayon lumineux, différentes couleurs, ou au moins la couleur d'un rayon primitif, fouffriroit différentes nuances; elle feroit plus claire, plus vive ou plus foncée dans des endroits que dans d'autres : ce qui eft contraire à l'expérience. Mais paffons maintenant à des obfervations plus fublimes. Prenez un peu de mercure bien purifié; jettez le dans un feu de charbon, & lorfqu'il commencera à s'élever en vapeurs, tenez au-deffus de la fumée un morceau de glace bien net, ou un miroir concave : ramaffez enfuite les petits globules de mercure qui fe feront attachés à ces furfaces, & obfervez-les avec un fort microfcope; vous obferverez, à la vérité, qu'il y en aura plufieurs qui feront de différentes grandeurs : mais vous en remarquerez auffi beaucoup d'autres qui fe reffembleront fi parfaitement, que vous ne pourrez pas les diftinguer les uns des autres. On peut auffi remarquer la même chofe dans les vapeurs de l'eau qu'on fait chauffer. On remarque encore que les globules rouges du fang & ceux de la lymphe, font, pour la plûpart, parfaitement femblables dans le vivant. Ceux qui fe font attachés à obferver avec foin différens corps diffous dans l'eau, & qui fe font fervis même, pour faire leurs obfervations, des meilleurs microfcopes de *Wilfon* & de *Cuff*, ont découvert, dans ces diffolutions, plufieurs globules parfaitement femblables : ce qui paroît prouver que tous les corps font compofés de globules. Je puis affirmer moi-même la même chofe, d'après des obfervations conftamment & foigneufement réitérées, pendant une longue fuite d'années. Et ce n'eft pas une chofe contraire à la raifon qu'il y ait de petites parties indivifibles qui fe reffemblent, & qu'il fe trouve auffi de petites maffes du premier & du fecond ordre qui aient la même forme; puifque cela peut fe concevoir aifément, & que nous ne connoiffons rien qui détruife cette idée. Il ne paroît donc pas furprenant qu'il y ait plufieurs petits corps qui, au rapport de nos fens, foient parfaitement femblables.

§. CVII. On n'eft cependant pas encore d'accord fur cet article; & parmi les Phyficiens, les uns prétendent que chaque être qui fait portion de l'Univers matériel, eft diftingué de tout autre par quelque marque fenfible. Parmi ceux qui ont embraffé cette hypothefe, il y en a plufieurs qui affurent avec confiance, que tout corps, foit grand, foit petit, laiffe voir des différences marquées, lorfqu'on l'examine au microfcope : je crois qu'on pourroit douter, avec juftice, que de tels Phyficiens aient jamais fait d'obfervations microfcopiques. D'autres, plus modeftes que les premiers, ne fe flattent pas d'avoir fait de pareilles découvertes, ils affurent même qu'on ne peut obferver actuellement, avec les inftrumens que nous avons, les différences qui caractérifent les plus petits corps; mais qu'ils efperent qu'on pourra les appercevoir par la fuite avec de meilleurs microfcopes. Pour nous, nous conviendrons de bonne foi, qu'on ne peut encore rien décider à cet égard, quoique les obfervations paroiffent nous faire voir une fimili-

tude entre toutes les petites portioncules de matiere qui appartiennent à un même tout.

D'ailleurs quand il feroit vrai de dire que deux portioncules de matiere, deux atômes, auroient chacun une figure qui lui fût propre, comment pourroit-on prouver qu'ils feroient différens l'un de l'autre quant à leur poids & quant à leur gravité? Qui eft ce qui pourroit démontrer que l'un des deux feroit plus pefant que l'autre? Comment pourroit-on s'affurer que la force de la gravité maîtriferoit davantage l'un que l'autre, & que l'un des deux tomberoit plus vîte que l'autre dans le vuide? Comment pourroit-on s'affurer qu'il y auroit une différence réelle entre l'impénétrabilité, l'inertie, la mobilité & la quiefcibilité de deux atômes égaux?

§. CVIII. Quand il feroit vrai de dire que deux corps feroient parfaitement femblables en tout, de façon qu'il ne fût pas poffible de diftinguer l'un de l'autre; la fécondité de l'Etre fuprême, pour multiplier la variété de fes productions, fa puiffance pour les créer & les faire paffer du néant à l'exiftence, en feroient-elles plus limitées pour cela? Non, fans doute. En effet la fimilitude entre différens êtres ne décele point un défaut d'invention: elle manifefte au contraire une fageffe infinie dans Dieu, fur-tout fi la parfaite fimilitude de différens êtres eft néceffaire pour concourir à de mêmes effets. Outre cela il n'appartient qu'à Dieu feul de produire des êtres parfaitement femblables, & dans qui on ne puiffe découvrir aucune différence. Le plus habile des mortels n'a jamais pu produire deux machines parfaitement femblables; la main la plus adroite, guidée par le génie le plus induftrieux, n'a jamais pu copier un tableau de maniere qu'on ne pût point diftinguer l'original de la copie: &, quelque facile qu'il paroiffe d'attraper la forme des chofes les plus aifées à imiter, on n'eft jamais parvenu à les copier fi parfaitement, qu'on pût fe méprendre en examinant différens êtres qui paroiffent femblables au premier abord. C'eft donc une perfection de plus dans la Puiffance qui peut produire une multitude d'individus parfaitement femblables, & cette Puiffance doit être bien fupérieure à celle qui ne peut former qu'un feul individu de chaque efpece. Mais de telles queftions ne font d'aucune utilité; & on les éliminera de la Phyfique, dès que les Phyficiens, uniquement occupés des befoins de l'homme, n'étudieront la Nature que pour découvrir ce qui peut tourner à l'avantage de la fociété, & que, dépourvus de tous préjugés claffiques, ils ne s'abandonneront plus à d'inutiles fpéculations & à des hypothefes mal établies.

§. CIX. Les qualités des mixtes dépendent de la grandeur, de la figure, de la différente texture & difpofition des parties qui les conftituent: or, comme toutes ces chofes peuvent varier à l'infini, il peut fort bien arriver, que deux corps qu'on range dans la même claffe, & qu'on reconnoît fous le même nom, eu égard à quelques qualités qui leur font communes, foient cependant bien différens l'un de l'autre; parcequ'il peut fe faire qu'il y ait quelques principes particuliers qui entrent dans la compofition de l'un, & qui n'entrent pas dans celle de l'autre; ou que ces deux corps, réfultant l'un & l'autre des mêmes principes, ils n'entrent pas dans leur compofition, felon les mêmes proportions. C'eft à cette caufe qu'on doit rapporter la dif-

férence qu'on remarque dans l'or qu'on trouve dans différens Pays : l'or de la Chine, par exemple, eſt d'une couleur très pâle; il tire ſur le rouge dans un autre Pays, & on en trouve de jaune dans d'autres endroits. Le cuivre jaune qui nous vient du Japon eſt bien différent de celui que nous tirons de Suede, de celui de Barbarie, de celui de Portugal, de celui qu'on trouve en Hongrie, de celui qu'on nous apporte d'Allemagne, de celui d'Angleterre; & ces différences qu'on remarque entre toutes ces ſortes de cuivres, conſiſtent dans la couleur, la ductilité, la compactibilité, la fuſibilité, la gravité ſpécifique, la fragilité, &c, ainſi que je l'ai éprouvé pluſieurs fois. On trouve beaucoup de différence entre le fer d'Allemagne & celui de Hollande, de Suede, d'Angleterre, de France, d'Eſpagne, &c. L'étain noir d'Angleterre differe beaucoup de l'étain blanc, ſoit quant à ſa pureté, ſoit quant à ſon poids. Le plus pur étain de Malac differe auſſi conſidérablement de celui qui nous vient d'Angleterre, ſoit par ſa ductilité, ſa molleſſe & ſa peſanteur ſpécifique : quelquefois il n'eſt pas propre à être mêlé avec celui d'Angleterre; & il s'allie plus aiſément avec les demi métaux. Les Teinturiers en font grand cas, lorſqu'il s'agit de teindre des étoffes en rouge & en couleur de feu. L'étain de Bancas eſt différent des deux dont nous venons de parler; il a néanmoins plus d'analogie avec l'étain de Malac qu'avec celui d'Angleterre. Le plomb d'Ecoſſe differe auſſi de celui d'Angleterre, & qu'on trouve dans cette contrée de la Bretagne, qu'on appelle Cornouaille; celui-ci contient beaucoup d'argent (1) : il differe de celui qu'on tire des Indes & d'Allemagne, tant par ſa ductilité que par ſa fuſibilité, ſa conſiſtance & ſon poids, &c.

On remarque auſſi des différences très ſenſibles entre les foſſiles : les expériences qu'on a faites ſur les pierres, ſur les perles, &c, ne permettent pas d'en douter. *Du Fay*, *Boſe*, *Beccaria*, ont découvert que parmi les diamans, les uns étoient de véritables phoſphores qui jettoient de la lumiere, & que les autres n'étoient nullement lumineux. *Beccaria*, dont nous venons de parler, chercha s'il ne trouveroit pas quelque caractere qui pût faire diſtinguer ceux qui ont la propriété de devenir lumineux, de ceux qui ne le deviennent pas; mais il ne trouva aucune différence aſſez ſenſible dans leur couleur, dans leur pureté, dans leur brillant, ni dans aucune de leurs qualités ſenſibles (2). Il trouva cependant que leur peſanteur ſpécifique & leur dureté n'étoient pas les mêmes; comme on pourra s'en aſſurer par la Table que nous donnerons au Chapitre XXVII. Les marbres ſont de différentes eſpeces & de différentes couleurs; ils different entr'eux par leur dureté, leur poids, les taches qu'on y remarque, &c : différences très ſenſibles que nos Ancêtres ont connues, & qu'ils ont très bien décrites (3). On remarque les mêmes différences dans les végétaux, & ces différences viennent de la terre qui leur donne naiſſance, & de la température du climat dans lequel ils croiſſent. Le froment qui croît dans la Zélande Belgique eſt le plus nourriſſant qu'on connoiſſe, & differe conſidérablement, quant à ſa blancheur & quant à ſon poids, de celui qu'on recueille dans le Dioceſe d'Utrecht;

(1) Borlaſe Natural Hiſt. of Cornwall, Chap. 18. (2) Commentar. Bononienſ. vol. 2. pag. 279. (3) Plin. in Hiſt. Nat. Lib. 36.

celui de Hollande eſt paſſablement bon. Les Anciens examinerent autrefois avec beaucoup d'attention toutes les eſpeces de froment, & les diſtinguerent parfaitement bien les unes des autres (1). Ils crurent qu'il n'y en avoit pas qui fût comparable à celui qu'on recueilloit en Italie. Il y a un arbre qui porte de la canelle, & qui croît dans l'Iſle de Ceylan, au Pérou, & dans le Malabar. La canelle du Malabar eſt douce, celle de l'Iſle de Ceylan eſt d'une acidité agréable; mais celle qui vient du Pérou eſt d'une âcreté inſoutenable, telle qu'eſt celle du poivre. Quelle différence ne remarque-t-on pas dans le vin qui eſt produit par un même plant, mais qui croît dans différens Pays? Le chanvre de Ruſſie eſt le meilleur de tous ceux qu'on connoît: celui de Hollande eſt encore excellent; il vaut mieux que celui qu'on cueille en Italie: ce dernier ſurpaſſe en bonté celui de Virginie; enfin celui de France eſt le plus mauvais. Le chêne qui croît en Allemagne eſt beaucoup plus dur que celui qui croît en Hollande: outre cela il ſe conſerve pluſieurs ſiecles ſans ſe pourrir ou ſe moiſir.

Le ſel marin d'Eſpagne eſt bien différent de celui de France, & il differe encore davantage de celui qu'on retire des fontaines en Allemagne. Les ſels naturels alkalins different entr'eux, à raiſon des différentes parties qui entrent dans leur compoſition. L'analyſe nous fait découvrir dans les uns quelques parties volatiles: on trouve que la terre fait la plus grande partie des autres, & on découvre dans d'autres de la ſaumure. Les ſels artificiels abſorbent l'humidité de l'atmoſphere qui les enveloppe, & ils tombent en défaillance. Les ſels naturels ne nous font point obſerver le même phénomene, ou, s'ils tombent en défaillance par le contact de l'air; cet effet n'arrive qu'inſenſiblement. Ceux-ci peuvent ſe cryſtalliſer; & ſi on les expoſe à l'action du feu, ils ſe vitrifient.

Les mêmes cauſes qui concourent à toutes les différences que nous venons d'indiquer, concourent pareillement aux différences qu'on remarque entre les animaux de la même eſpece. Les chevaux d'Irlande ſont petits; ceux d'Angleterre ſont beaucoup plus grands: ils ſont très gros & très grands dans la Friſe; ceux d'Eſpagne ſont regardés comme les plus beaux. Les bœufs du Nord-Hollande ſont très gros; ils ſont beaucoup plus petits dans la Tranſilvanie: & ils ſont tout-à-fait différens, quant à la forme & à la groſſeur, dans l'Irlande. Nous ne ſommes pas encore en état de rendre raiſon de toutes ces variétés que nous remarquons entre toutes les parties des trois regnes de la Nature; parceque nous ne connoiſſons pas encore les principes qui concourent à la formation des corps, & que la délicateſſe de leurs parties conſtituantes les dérobe à la foibleſſe de nos organes.

§. CIX. * Comme il n'y a point de particule de matiere, de quelqu'ordre qu'elle ſoit, qui ne puiſſe être conſidérée comme compoſée, & conſéquemment ſe diviſer en plus petites parties d'un ordre inférieur, & paſſer de ce dernier ordre à un autre ſubalterne, & ainſi de ſuite, juſqu'à ce qu'on ſoit parvenu aux parties élémentaires; il eſt manifeſte qu'il n'y a point de grand corps qui ne puiſſe être diviſé en ces petites parties dont il eſt compoſé, ſoit

(1) Plin. in Hiſt. Nat. Lib. 18. §. 12. pag. 106. & 107.

par

par le choc, le broiement, le feu, la fermentation, la corruption, ou lorsqu'on l'expose à l'action d'un menstrue propre à le dissoudre. Lorsqu'un corps est ainsi divisé ou dissous, les petites parties qui naissent de ces différentes opérations, quelque petites qu'elles soient, peuvent se réunir de nouveau, & former des parties du même ordre, ou de quelqu'autre semblable; & de la liaison de ces parties, il en peut résulter des corps semblables, ou différens de ceux dont toutes ces parties émanent.

C'est ainsi que des parties terrestres, unies entr'elles par un gluten, ou par l'action du feu, forment des pierres; que ces pierres elles mêmes, usées & réduites en poussiere, retournent en terre: de-là on peut concevoir comment des parties qui sont séparées d'une plante ou d'un animal, peuvent concourir à la nutrition & à l'accroissement d'une autre plante semblable, ou même différente, ou à la nutrition d'un autre animal, en vertu de cette puissance végétative, que l'Auteur de la Nature a donnée à toutes les semences dès le premier moment de la création; puissance qui change les différens ordres des parties constituantes des mixtes, & qui leur donne la forme qui leur convient pour concourir à la nutrition & l'accroissement du mixte qu'elles doivent former. De-là dans le même climat, dans le même atmosphere, le même fumier & la même eau font croître l'aloës, qui est très amer, la canne à sucre très douce, l'ozeille aigrelette, l'aroche puante, les lys & les roses dont l'odeur est si agréable, &c. De ces plantes on retire différens sels; les unes fournissent le tartre, d'autres la soude. La camomille & la racine de pyretre donnent du sel commun; d'autres fournissent des sels doux, ou des sels qui produisent différentes crystallisations (1). Ne pourroit-on pas soupçonner un même principe, un même méchanisme dans les glandes animales, qui sont destinées à extraire du même sang, les unes le lait, les autres la bile, d'autres la salive, d'autres le suc médullaire, d'autres la cire des oreilles, &c. Peut-être séjourne-t-il dans ces différens couloirs, quelque portion du même fluide, qui, par son mêlange avec celui qui y aborde, concourt à communiquer à ce dernier la forme qu'il doit avoir.

§. CX. Les parties d'un même ordre, entassées de différentes manieres les unes sur les autres, produisent des corps d'une structure tout-à-fait différente. L'eau pure, qui nous paroît un corps simple, composé de particules du même ordre, étant rassemblée dans un vase, n'est autre chose qu'un fluide pesant; mais lorsque, par un procédé quelconque, elle se convertit en vapeurs, elle forme un brouillard: &, s'élevant encore plus haut, elle se convertit en nuées. Plusieurs de ces parties venant à s'unir entr'elles & à tomber, forment de la pluie: si plusieurs de ces parties sont réunies entr'elles sous la forme de petits filamens oblongs, elles produisent la neige: lorsqu'elles se glacent par un trop grand froid qu'elles éprouvent en traversant l'atmosphere, les gouttes d'eau qui sont saisies par le froid, se convertissent en grêle. Toutes ces différentes substances, venant à se fondre, reprennent leur premiere forme, & se convertissent en eau: ce qui fait

(1) Wallerius, in Notis ad Hiernii acta Chym. p. 88. Dodart, Mémoire. pour l'Hist. des plantes, Sect. 2. §. 21.

qu'une des plus simples substances que nous connoissions, prend différentes formes & différentes figures, suivant les changemens qui arrivent à la disposition de ses parties.

§. CXI. Tous les corps qui appartiennent aux trois regnes de la Nature que nous avons indiqués (§. 23), ne different donc pas essentiellement entr'eux; mais seulement par accident. Le regne fossile ou lapidifique, est la base des autres regnes; non-seulement la terre, mais encore l'eau, & quantité de substances qui appartiennent à la terre, & qui s'en exhalent, donnent origine & servent à l'accroissement des végétaux; les végétaux eux-mêmes servent de nourriture aux animaux: & leurs différentes parties, brisées, atténuées, se convertissent en parties animales. Le cadavre d'un animal se corrompt, se dissout, se change en terre & en eau, & par conséquent appartient encore une seconde fois au regne fossile. Les végétaux qui se pourrissent sur la surface de la tere, ou qu'on brûle, se changent en cendres, en terre & en eau.

§. CXII. C'est pourquoi la génération, la corruption, l'accroissement & le dépérissement de tous les grands corps des trois regnes de la Nature, ne sont autre chose qu'un concours & un assemblage de plus petites parties qui se dissolvent ensuite, & se changent en grosses & en petites parties. L'accroissement des corps ne s'opere pas de la même maniere dans tous. Les os, qui sont recouverts extérieurement par une membrane, qu'on nomme périoste, ne sont originairement qu'une substance gélatineuse, qui s'étend d'abord en forme de fil, acquert après cela une certaine consistance, se convertit ensuite en cartilages élastiques, qui s'ossifient successivement par différens points, & forme enfin de véritables os. *Duhamel* rapporte que les os, étant serrés circulairement par un anneau de métal, s'enflent & se tuméfient vers les deux bords de la ligature (1). Le battement des arteres de la dure mere, creuse dans l'épaisseur de la lame interne du crâne, des sillons très sensibles (2). Les cornes des bœufs croissent par de petites lames qui sortent de la cavité intérieure qu'on remarque à leur origine: ces lames s'étendent au-dehors, & forment des cornes d'une grandeur considérable. Les arbres prennent leur nourriture & grossissent à l'aide de la séve qui s'éleve le long des fibres ligneuses qu'on remarque sous leur écorce; ce suc, s'épaississant, se convertit en substance ligneuse, & augmente les dimensions de l'arbre. Plusieurs pierres prennent de l'accroissement & grossissent à l'aide du suc lapidifique, qui est un composé d'eau, de sel, de terre & de quelques autres substances; ce suc, étant apporté sur la surface de la pierre, se jette dans ses pores, les bouche, & augmente les dimensions de la masse qui étoit déja formée: la partie aqueuse de ce suc, s'évaporant, la pierre prend plus de consistance, & se durcit avec le tems. *Papirius Fabianus* (3) rapporte que les marbres eux-mêmes croissent & grossissent dans les carrieres. Ceux qui travaillent à tirer la pierre assurent que les crevasses des montagnes se bouchent par l'accroissement des pierres qui bordent ces crevasses.

Chaque corps, étant composé de l'assemblage de plusieurs parties, dépé-

(1) Duhamel, Hist. de l'Acad. des Sci. ann. 1742, p. 363. (2) B. S. Albini. Acad. Observ. Lib. 4. Cap. 1. (3) Plini. in H. N. l. 36. pag. 746.

rit, & perd de ses dimensions à proportion qu'il perd de ses parties constituantes, ou qu'elles deviennent plus petites. Aucun corps ne s'engendre & n'augmente ses dimensions que par la combinaison d'autres substances matérielles; & celui qui dépérit & tombe en poussiere, ou que la corruption ronge & détruit, ou qui se résout en eau, ou qui se décompose de quelque maniere que ce soit, & se dérobe à nos sens, ne retombe pas pour cela dans le néant; il n'est seulement que divisé en plus petites parties: & l'Auteur de la Nature, qui veille à la conservation des élémens, le conserve toujours sous de plus petites dimensions. De-là tout corps, dans quelqu'état qu'il soit, soit qu'il demeure constamment dans le même état, soit qu'il acquere de nouveaux degrés d'accroissement, soit enfin qu'il dégénere, subsiste toujours.

§. CXIII. Lorsque les végétaux & les animaux prennent de l'accroissement, peut-on dire que les parties solides qu'on voit naître étoient originairement contenues dans la semence ou dans le germe, & qu'elles ne font que se développer par la nourriture qu'elles reçoivent, & acquérir de plus grandes dimensions? Ou bien doit-on penser que ces parties, n'étant point contenues, ni dans la semence, ni dans le germe, sont produites par un méchanisme quelconque, que nous ne connoissons pas encore? Ces deux causes concourent à la production des parties solides des végétaux & des animaux. En effet, on trouve dans la noix le germe de l'arbre qui porte ce fruit; on y trouve les premiers linéamens des branches du noyer: la noix, étant mise en terre, toutes ces parties se développent, prennent de la nourriture & produisent un arbre; mais les fruits & les bourgeons ne paroissent point contenus dans cet arbre: ils paroissent y être formés. Puisque la noix, contient un germe, il faut nécessairement que la semence des deux sexes y concoure; de même, pour la production d'un germe animal, il faut nécessairement le concours des deux sexes. De ce que le cœur, lorsqu'il commence à paroître, se présente sous la forme d'un petit canal, lequel, se développant ensuite, donne au cœur la figure qu'il doit avoir, est-ce à dire pour cela que les viscères & les autres parties du corps de l'homme se forment par un simple développement de parties? Ceux qui avanceroient cette proposition, seroient hors d'état de la prouver. D'ailleurs quand on accorderoit même cette proposition, il n'en seroit pas moins vrai pour cela qu'il se formeroit dans le corps de l'homme plusieurs vaisseaux qui ne tireroient point leur origine du développement de quelques parties. En effet si on fait la ligature, & qu'on coupe le canal pancréatique d'un chien vivant, il s'engendre un autre canal qui sort du pancréas, & va se rendre dans l'estomac, ou dans le duodenum, dans lesquels le pancréas se décharge du suc pancréatique; vérité qu'on ne peut contester, & que *Brunner* a découverte & confirmée par plusieurs observations. Pareillement lorsque quelques plaies pénetrent dans la substance de quelques muscles, il s'engendre de nouveaux vaisseaux sanguins, qui, s'anastomosant avec les anciens vaisseaux, portent la nourriture aux parties; or, dans tous ces cas, il ne se fait point un nouveau développement de quelques parties solides, mais une nouvelle génération: ce qui prouve que les deux causes que nous avons indiquées ci-dessus, concourent à la formation des corps. Seroit-il permis de croire que le

ſperme qui ſe trouve dans les teſticules du mâle & dans les ovaires de la femelle, eſt formé par le développement des parties qui le contiennent? Ce ſeroit une propoſition avancée au haſard, & qui auroit beſoin de preuves.

§. CXIV. Tous les changemens qui peuvent arriver dans les corps, conſiſtent dans la grandeur, dans la figure, dans l'arrangement des parties, dans leur adhérence, dans le lieu que chaque corps occupe, dans leur peſanteur, dans leur attraction & dans leurs forces motrices.

§. CXV. Nous avons rangé *la force d'inertie* au nombre des propriétés communes des corps: cette force conſiſte en ce qu'un corps ne paſſe pas aiſément de l'état de repos ou de mouvement à un autre état. Soit, par exemple, un corps tel que A [*Tab.* 1. *fig.* 17.], ſuſpendu à un fil, & placé dans le point le plus bas de ſa ſuſpenſion; ce corps demeurera en repos, tant qu'aucune cauſe étrangere n'apportera aucun changement à ſon état. Suppoſons maintenant que le corps B vienne choquer le corps A, ce dernier réſiſtera alors à l'effort que B fera contre lui; & en conſéquence de cette réſiſtance, le corps B perdra une partie de ſa vîteſſe, & le corps A ſera mis en mouvement. Le mobile B ne perdroit rien de ſa vîteſſe, ſi le corps A ne lui oppoſoit point de réſiſtance; car il eſt évident que ſi le corps A n'oppoſoit aucune réſiſtance à l'effort du mobile B qui le choque, ce mobile entraîneroit A avec lui, & avec une vîteſſe égale à la ſienne, quelque grand que fût le corps A. Et s'il en étoit ainſi, la plus petite cauſe pourroit produire un effet infini.

§. CXVI. Mais on obſerve que pour que le corps A [*Tab.* 1. *fig.* 17.], parcoure l'eſpace AD, dans l'eſpace d'une minute, il faut que le corps B, qui l'anime par ſon choc, lui communique plus de force que s'il ne devoit parcourir le même eſpace qu'en deux minutes; & que dans le premier de ces deux cas, le mobile B perde davantage de ſa vîteſſe que dans le ſecond: d'où il ſuit que la réſiſtance que le corps A apporte au mouvement qu'on lui communique, eſt d'autant plus grande, qu'on lui communique plus de vîteſſe. Il y a donc dans un corps qui eſt en repos, une force qui réſiſte & qui lutte contre un autre corps en mouvement qui viendroit le choquer, & qui réſiſte d'autant plus, que le corps choquant eſt muni d'une plus grande vîteſſe.

§. CXVII. Suppoſons actuellement que le corps A ſoit en mouvement; & que le corps B, qui le ſuit, ayant une plus grande vîteſſe, vienne le choquer, alors la vîteſſe du corps A deviendra plus grande, & le corps choquant perdra une partie de celle dont il jouiſſoit avant le choc. Le corps A, quoiqu'il ſoit en mouvement, oppoſe donc encore, en cette occaſion, une réſiſtance au corps B: or comme on peut lancer continuellement contre le corps A, des corps qui ſeront doués d'une plus grande vîteſſe que lui, & qu'il oppoſera toujours une certaine réſiſtance à ces mobiles, il eſt conſtant que la force d'inertie ſubſiſtera, & ſe manifeſtera dans tout corps en mouvement, quelque vîteſſe qu'on lui communique. S'il en étoit autrement, un corps qui auroit acquis un certain degré de viteſſe n'oppoſeroit plus de réſiſtance à tout autre corps qui le choqueroit, & qui ſeroit muni d'une plus grande vîteſſe; & alors le corps choquant, ne perdant rien de ſa vîteſſe par le choc, l'un & l'autre, après le choc, ſe mouveroient avec la

vîteſſe du corps choquant : dans ce cas, les effets ne ſeroient point proportionnels aux cauſes.

§. CXVIII. Tout corps, ſoit en repos, ſoit en mouvement, oppoſe donc, en vertu de *ſa force d'inertie*, une réſiſtance aux puiſſances qui agiſſent contre lui ; cette réſiſtance ne détruit point, à la vérité, l'action de ces puiſſances, mais elle fait que cette action, cette force, paſſe dans le corps qui réſiſte ; & cette force, lui étant communiquée, le met en mouvement.

§. CXIX. La réſiſtance qui vient de l'*inertie* d'un corps eſt donc bien différente de celle que les différentes puiſſances s'oppoſent les unes aux autres, qui, luttant les unes contre les autres, détruiſent mutuellement les forces qui les animent ; comme il paroît évidemment dans des corps mous, qui ſe choquent avec des directions contraires. La réſiſtance, au contraire, qui vient de l'inertie ne détruit point la force du corps choquant ; mais elle la fait paſser dans le corps choqué qui la conſerve.

§. CXX. Il eſt donc démontré que la force d'*inertie* dans les corps, eſt une force de réſiſtance par laquelle ils tendent à reſter dans l'état où ils ſont, & par laquelle ils luttent contre toutes les autres forces qui viennent à leur rencontre. De-là les Philoſophes qui n'ont pas bien connu cette force, ont prétendu qu'il y avoit dans les corps qui ſont en repos, une force qui les obligeoit à demeurer dans cet état de repos.

§. CXXI. Si un corps eſt en mouvement, & qu'il ſe meuve dans le vuide, en vertu de ſa force d'inertie il conſervera la force qu'il aura reçue, & il ſe mouvera pendant toute l'éternité, avec la même vîteſse, & ſelon la même direction ; car la force d'inertie tend conſtamment à produire deux effets : l'un, qui concerne la vîteſsé, & l'autre, la direction du mobile, qu'elle tend à conſerver ſans aucune altération.

§. CXXII. Suppoſons le corps B en mouvement, qui va choquer le corps A qui eſt en repos ; alors B tend à changer l'état du corps A : par conſéquent à proportion que B tend à reſter dans l'état où il étoit, & qu'il lutte contre A, qui lui réſiſte, il manifeſte ſa force d'inertie, & fait effort contre A ; ſans cela le corps B, après le choc, demeureroit en repos, & il ne produiroit aucun changement dans le corps A qu'il choque. C'étoit ſur ces obſervations, que les Philoſophes avoient poſé pour axiome, que tout corps, ſoit en repos, ſoit en mouvement, tend à demeurer conſtamment dans l'état où on l'a mis. Axiome qui eſt inconteſtable. Mais quelle eſt la cauſe de ce phénomene ? C'eſt la force d'inertie qui appartient à tous les corps. En effet le corps A, en repos, lutte contre le corps B qui eſt en mouvement, en vertu de ſa force d'inertie par laquelle il tend à conſerver ſon repos ; & le le corps B, en mouvement, lutte contre le corps A, en vertu de ſa force d'inertie par laquelle il tend à demeurer dans l'état de mouvement où il eſt : d'où il paroît évidemment que l'effort mutuel de ces deux corps manifeſte ſenſiblement leur force d'inertie.

§. CXXIII. Plus la maſse du corps A, qui eſt en repos, eſt grande, plus ce corps réſiſte aux puiſsances qui tendent à le mettre en mouvement, & moins il acquere de vîteſse, en ſuppoſant que les puiſsances motrices demeurent les mêmes : au contraire, plus la maſse du même corps A eſt petite, & plus, toutes choſes égales d'ailleurs, il acquere de vîteſse. D'où il paroît

que la force d'inertie eſt proportionnelle à la maſse; par conſéquent qu'elle eſt double dans une maſse double, triple dans une maſse triple, & conſéquemment qu'elle eſt abſolument la même dans chaque élément des corps. D'où il ſuit que cette force convient aux fluides auſſi-bien qu'aux ſolides, & qu'un pouce cubique d'eau jouit de la même force d'inertie dont jouiroit un morceau de glace qui ſeroit produit par ce pouce cubique d'eau, en ſuppoſant que la congélation ne donneroit entrée à aucune ſubſtance étrangere, & qu'elle ne feroit rien perdre de la quantité d'eau dont nous venons de parler: de-là il ſuit que la maſse d'un corps, demeurant conſtamment la même, la force d'inertie demeure pareillement égale, ſoit que ce corps ſoit ſolide, ſoit qu'il paſse de l'état de ſolidité à celui de liquidité, & que par conſéquent ſes molécules conſtituantes deviennent extrêmement petites.

§. CXXIV. Un corps qui eſt en repos exerce ſa force d'inertie ſelon toutes les directions par leſquelles on peut concevoir qu'un autre corps peut le frapper : pareillement un corps en mouvement déploie ſa force d'inertie dans quelque direction qu'il ſe meuve; d'où il ſuit que cette force ne dépend point de la preſſion ou de la direction de la gravité. Tant qu'un corps ſera expoſé à ſubir quelques changemens, ſon inertie s'oppoſera toujours à ces changemens, & la réſiſtance qu'il oppoſera ſera conſtamment la même, lorſque les efforts qu'on fera contre lui ſeront les mêmes.

§. CXXV. La force d'inertie dont jouiſsent tous les corps, reconnoît des bornes; elle n'eſt point infinie : car la réſiſtance que le corps A, par exemple, ſoit qu'il ſoit mol, ſoit qu'il ſoit dur, oppoſe au corps B d'une certaine grandeur, & qui vient le frapper muni d'une vîteſse quelconque; cette réſiſtance, dis-je, n'eſt pas infinie : elle eſt bornée & limitée; elle eſt telle que ce corps A ne reçoit qu'une partie de la force du corps choquant : pareillement, ſoit que le corps choquant B rencontre le corps A qu'il choque, en repos ou en mouvement, il ne lui communique point toute la force dont il jouit, mais ſeulement une partie de cette force qui l'anime.

§. CXXVI. Qu'eſt-ce donc que cette force d'inertie, & comment eſt-elle appliquée aux corps dans leſquels nous l'obſervons? C'eſt ce qui ſurpaſse la foible portée de l'eſprit humain : nous ſavons ſeulement que cette force appartient à tous les corps, & qu'elle convient à toutes les parties de la matiere auxquelles elle eſt diſtribuée également; nous ne pouvons connoître que les effets qu'elle produit, & que nous obſervons. Tout ce que nous pouvons cependant avancer de certain à cet égard, c'eſt que cette force eſt un attribut réel de la matiere, & que ce n'eſt pas une ſimple privation; puiſque toute privation ne ſouffre ni plus ni moins, & que la force d'inertie eſt tantôt plus grande, tantôt plus petite; car un corps réſiſte d'autant plus à l'effort qu'on fait contre lui pour lui faire changer l'état dans lequel il ſe trouve, que cet effort eſt plus grand : d'ailleurs toute réſiſtance n'eſt pas une ſimple privation.

§. CXXVII. Si tous les corps qui ſont partie de l'Univers étoient dépourvus de cette force, l'ordre admirable de la Nature, & les différens mouvemens qui le conſervent, ſeroient bien-tôt détruits; puiſqu'alors le plus foible corpuſcule ou le moindre effort que l'homme pourroit faire, ſeroit

en état d'arrêter & de détruire le mouvement des plus grands corps, & puisque la plus petite des forces pourroit mouvoir, avec la plus grande rapidité, toutes les parties de l'Univers, en tant qu'elles seroient dépourvues de résistance. D'où résulteroit nécessairement un désordre, une confusion générale dans tout l'Univers matériel : les loix du mouvement & de la percussion seroient tout-à-fait différentes de celles que nous connoissons.

§. CXXVIII. Est-ce à la seule force d'inertie, qui appartient à tous les corps, qu'on doit rapporter tous les changemens qui arrivent dans l'Univers? Où existe-il outre cela dans la Nature d'autres forces qui concourent à leur production? La réponse se présente manifestement à l'esprit; car il est constant qu'on doit admettre d'autres forces distinguées de la force d'inertie : la gravité, l'élasticité donnent naissance à plusieurs qui sont bien différentes de celle qui provient de l'inertie des corps; outre cela, l'ame unie au corps peut mouvoir à son gré les différentes parties du corps qu'elle anime. Dieu, qui a tout créé, & qui a disposé chaque chose dans l'ordre qui lui convient, peut produire tous les changemens qui lui plaisent dans la disposition des parties de l'Univers; & on ne peut disconvenir que d'autres substances spirituelles, distinguées de celles que nous venons d'indiquer, n'aient produit qnelquefois des changemens dans la Nature.

§. CXXIX. Tout corps, de quelqu'espece qu'il soit, grand ou petit, peut passer d'un lieu dans un autre; & par conséquent tout corps est mobile, & cet attribut, qui convient à tous les corps, est ce qu'on appelle leur *mobilité*.

§. CXXX. Il n'est pas nécessaire, pour l'existence d'un corps, qu'il soit en mouvement; puisqu'il peut rester éternellement dans la place où il a plu à l'Auteur de la Nature de le créer : ainsi quoiqu'un corps soit actuellement en mouvement, ce même mouvement qu'on lui a imprimé ne subsiste pas toujours dans ce corps, & il peut être détruit sans que l'existence de ce corps en reçoive aucune atteinte; par conséquent tout corps peut passer de l'état de mouvement à celui du repos : & c'est cette propriété de pouvoir être en repos qu'on nomme *quiescibilité*. Tout corps est nécessairement en repos ou en mouvement; & quoiqu'il soit en repos, il conserve toujours sa *mobilité* : de même lorsqu'il est en mouvement, il jouit de cette propriété que nous nommons *quiescibilité*; d'où nous concluons que ces deux modes, *mobilité* & *quiescibilité*, sont deux attributs des corps. Comme nous avons beaucoup de choses à considérer sur le mouvement, ainsi que sur les autres propriétés des corps, telles que la gravité, la force attractive, &c, nous nous réservons à en parler dans quelques Chapitres particuliers que nous avons destinés à cet effet.

§. CXXXI. Tels que soient les attributs des corps, ainsi que leurs propriétés, jamais aucun attribut ou aucune propriété ne passe d'un corps à un autre; toutes ces choses appartiennent & sont propres au corps dans lequel on les remarque.

§. CXXXII. Les Philosophes se sont donné beaucoup de peine, jusqu'à présent, pour découvrir en quoi consiste la nature ou l'essence des corps; la solution de ce problême dépend de la signification qu'on attache aux termes qui l'expriment. Si on entend par le terme *Nature* ce qui constitue la chose

& la rend telle, ou le principe d'où émanent toutes les propriétés qui lui appartiennent, ce qui la rend propre à produire tous les effets qu'elle produit, ce qui la rend susceptible de toutes les modifications qu'elle reçoit : alors l'essence de cette chose est propre à elle seule, & chaque espece d'être a son essence particuliere, distinguée de l'essence de tout autre être d'une autre espece. Dans ce sens l'essence de l'or sera différente de l'essence de l'argent, de celle du bois; & dans ce même sens personne ne pourra définir ce en quoi consiste l'essence des corps; car personne ne connoît encore ce qui constitue l'or & ce qui le différencie de tout autre corps; c'est-à-dire, personne ne sait encore quelle est la constitution de ses parties, quelle est leur grandeur, leur figure, leur disposition entr'elles : en un mot, combien de différens principes concourent à sa formation, & par conséquent d'où dépendent sa couleur, sa ductilité, sa gravité spécifique, sa fusibilité, sa mollesse & toutes les autres propriétés que nous remarquons dans l'or? Ce que nous disons sur l'essence de ce métal, doit s'entendre de l'essence de tout autre corps.

§. CXXXIII. D'autres Philosophes de célebres ont entendu, par le terme *Nature*, ce qui constitue l'être matériel, & ce qui le distingue de tout autre être qui ne seroit pas matériel : ils ont entendu, par le terme *Nature*, ce dont l'idée emporte avec elle celle de la matiere; ce qui étant une fois détruit, la matiere ne peut plus subsister. Ceux-là, en cherchant en quoi consiste l'essence de la matiere, n'ont eu en vue que de trouver ce qu'on conçoit d'abord dans l'idée d'un corps, ce qui sert de fondement & de base à toutes les propriétés dont il peut jouir. Réfléchissant sur les différentes propriétés qu'on peut séparer par abstraction de l'idée d'un corps, sans détruire cette idée, ils ont cru que l'étendue étoit la seule propriété qu'on ne pouvoit point séparer de l'idée d'un corps, sans détruire cette idée : d'où ils ont conclu que c'étoit l'étendue qui constituoit l'essence de la matiere, & que l'idée de l'étendue étoit tellement unie avec celle de la matiere, qu'en donnant l'étendue à un être, on en faisoit un être matériel, & qu'en retranchant cette propriété on détruisoit ce même être considéré comme matériel.

§. CXXXIV. Quelqu'ingénieuse que soit cette opinion, & quelque subtils que puissent être les raisonnemens qui l'appuient, elle est exposée à un grand nombre de difficultés. En effet, pour que l'étendue constitue l'essence de la matiere, il ne suffit pas que cette propriété soit ce qui se présente d'abord à l'esprit lorsqu'on considere l'idée de la matiere; mais il faut, outre cela, que tout ce qu'on conçoit comme étendu, soit matériel; ce qui est manifestement faux : puisque, par exemple, on conçoit un espace, une étendue entre les corps qui sont à quelque distance les uns des autres, & que cette étendue, cette distance n'est pas matérielle, ni conçue comme telle.

En second lieu il faudroit que l'étendue ne convînt qu'à ce qui est matériel; ce qui est également faux : puisque l'étendue convient à tout espace quelconque.

3°. Enfin il faudroit que l'étendue pût être considérée comme le principe, comme

comme le fondement de tous les attributs & de toutes les propriétés que nous découvrons dans la matiere : or il y a quantité de propriétés de la matiere qui ne peuvent pas émaner d'un tel principe.

§. CXXXV. La maniere dont les Philosophes ont raisonné pour démontrer que l'étendue constitue l'essence de la matiere, est bien éloignée du degré de perfection qu'elle devroit avoir pour décider la question ; car ce n'est pas en trouvant, par une supputation ingénieuse, qu'une telle propriété est ce qui se présente d'abord à l'esprit en considérant la substance à laquelle elle appartient, & ce qui subsistant seule, abstraction faite de toutes les autres propriétés qui appartiennent à cette même substance, nous laisse encore une idée de cette substance ; ce n'est pas, dis-je, d'après ce raisonnement qu'on peut légitimement conclure que cette propriété constitue l'essence de la substance dont il est question. Sans donc disconvenir, qu'en éloignant de notre esprit toutes les propriétés des corps, à l'exception de l'étendue, sans dis-je, disconvenir que l'idée seule de cette propriété pourra nous fournir celle de la matiere, j'établis un raisonnement de parité, par lequel il est aisé de démontrer que toute autre propriété pourra constituer l'essence de la matiere. En effet, supposons qu'ayant les yeux fermés, quelqu'un me mette dans la main une boule pesante, je sentirai d'abord par cette pesanteur, que j'ai un corps dans la main ; & je dirai toujours que ce corps existe, tant que je sentirai cette même pesanteur. Supposons maintenant que je conçoive, avec les Méchaniciens, que toute la pesanteur de cette boule est réunie dans son centre, & que j'éloigne alors de l'idée de cette boule toutes les autres propriétés qui peuvent lui convenir, à l'exception de la gravité, je conserverai encore l'idée d'un corps ; puisque je sentirai encore la pression qu'elle exerce sur ma main : d'où il suit que, dans cette occasion, la pesanteur de cette boule est ce qui se présente d'abord à mon esprit, & ce qui subsiste indépendamment des autres propriétés. La pesanteur est, dans cette occasion, ce qui fait naître en moi l'idée d'un corps ; idée que je cesserois d'avoir, si, dans l'hypothese présente, cette pesanteur étoit détruite. Je pourrois donc conclure, d'après ce raisonnement, que l'essence de la matiere consiste dans sa pesanteur. Proposition absolument fausse ; puisqu'il n'y a personne qui puisse prouver la vérité d'une telle proposition ; parcequ'il n'y a personne qui ne conçoive aisément que la plus grande partie des propriétés de la matiere, telles que son étendue, sa solidité, son inertie, ne doivent point leur origine à la gravité : d'où je conclus la fausseté du raisonnement qui établit que l'essence de la matiere consiste dans l'étendue.

2°. J'ai déja démontré que l'étendue ne convenoit pas seulement à la matiere, mais encore à l'espace.

3°. La solidité, l'inertie, la mobilité & bien d'autres propriétés qui conviennent à la matiere, ne dépendent certainement pas de l'étendue ; ce qui seroit cependant indispensablement nécessaire, pour qu'on pût la considérer comme l'essence de la matiere, selon la méthode des Mathématiciens, qui font dépendre de la nature du triangle & du cercle toutes les propriétés qu'on découvre dans ces figures.

§. CXXXVI. Les autres sentimens, qui font consister l'essence de la matiere dans l'étendue solide, dans la force d'inertie, dans la pluralité des par-

ties, &c, ſont expoſés aux mêmes difficultés; puiſque les autres propriétés de la matiere ne peuvent pas émaner, ni même dépendre de celles en quoi on veut faire conſiſter ſon eſſence.

§. CXXXVII. Ainſi donc, ſoit que ce qui conſtitue l'eſſence des corps ſoit un ſeul & unique principe, ſoit que leur nature dépende du concours de pluſieurs, il faut avouer que nos connoiſſances ne s'étendent pas encore juſques là, & que nous ignorons totalement en quoi conſiſte l'eſſence de la matiere : or la nature des corps étant encore un myſtere pour l'homme, il n'eſt pas en état de concevoir comment pluſieurs propriétés qu'il découvre dans un corps peuvent exiſter enſemble, quel eſt le lien qui les unit, ni comment elles ſubſiſtent dans ce corps.

§. CXXXVIII. Les connoiſſances que l'homme a acquiſes juſqu'à préſent ſur les corps, ſont renfermées dans des bornes fort étroites; parcequ'il ne peut examiner & connoître les corps que par l'intermede de ſes ſens, & que par conſéquent il ne peut atteindre & porter ſes connoiſſances au delà de leurs ſurfaces, & qu'il ne peut pénétrer dans leur ſtructure & leur conformation intérieure. En effet l'œil ne découvre que la ſuperficie des corps & que ce qui ſe préſente à l'extérieur; le tact n'a pareillement pour objet que leur ſuperficie: le goût & l'odorat n'étendent pas plus loin leur reſſort. Mais que renferme la ſuperficie des corps? Quelle eſt la conformation intérieure d'un atôme, & que renferment les ſurfaces qui ſe préſentent à nos recherches? Seroit-ce ce qui conſtitue ſon eſſence, & ce qui forme la ſubſtance du corps? C'eſt ſur quoi l'homme ne peut prononcer; puiſqu'il ne peut avoir aucune idée de tout ce qui eſt renfermé dans l'intérieur des corps: puiſque l'Auteur de la Nature n'a ſoumis à ſes connoiſſances que ce qui paroît à l'extérieur; ou, ſi on peut s'exprimer ainſi, puiſqu'il n'a été donné à l'homme que de connoître l'écorce qui enveloppe toute la ſubſtance des corps, & que ces connoiſſances ne peuvent s'étendre un peu plus loin qu'à l'aide des raiſonnemens qu'il peut faire ſur les phénomenes qui ſe préſentent à ſes recherches. Dira-t-on que la texture intérieure, que la conformation, que ce qui exiſte ſous les ſuperficies qui terminent extérieurement la ſubſtance des corps, eſt quelque choſe de différent de ce qui paroît à leur ſurface? Une telle propoſition ne pourroit être que téméraire & avancée ſans fondement, puiſque l'intérieur des corps eſt ſouſtrait à nos connoiſſances: outre cela la connoiſſance de la ſuperficie des corps ne peut point nous mettre en état de juger des corps eux-mêmes; puiſque la ſuperficie des corps ne contient ſeulement que deux dimenſions, & que tout corps jouit de trois dimenſions. La ſuperficie eſt ce qui termine & ce qui circonſcrit le corps; le corps eſt ce qui eſt renfermé dans la ſuperficie : & les dimenſions du corps ne peuvent point être formées par celles qui conſtituent les ſuperficies. Bien plus la ſuperficie d'un corps augmente par la diviſion de ce corps, tandis que ſa ſolidité demeure conſtamment la même.

§. CXXXIX. La ſubſtance intérieure des corps peut contenir quantité de choſes qui échappent à nos recherches, & que l'homme ne connoîtra jamais; car il n'eſt pas néceſſaire à l'homme que toutes les propriétés des corps affectent ou puiſſent affecter nos organes, ou que tout ce qui tombe ſous nos ſens dépende de quelques cauſes que nous puiſſions connoître par leur

miniſtere. On a découvert depuis peu l'irritabilité des fibres animales : or la cauſe de cette propriété n'affecte aucunement l'organe des ſens, & nous eſt tout à fait inconnue. Peut-être une propriété ſemblable appartient-elle aux muſcles qui font agir & qui enveloppent les valvules des végétaux, & qui, par ce moyen, étant ſuſceptibles d'être irrités par la ſéve qui s'éleve, ſont mis en contraction, & portent cette ſéve de valvules en valvules; ce qui fait qu'elle peut s'élever de la racine au ſommet des plus grands arbres. Les Chymiſtes de nos jours imaginent que chaque plante contient un eſprit recteur qui lui donne l'odeur, la ſaveur, & les forces qui lui ſont propres; qui caractériſe la plante & la diſtingue de toute autre : or comme la ſubtilité de cet eſprit recteur le dérobe à nos ſens, & qu'il n'eſt pas poſſible de le recueillir & de l'examiner ſéparément; on ne doit pas le regarder comme quelque choſe de démontré, juſqu'à ce qu'ayant raſſemblé pluſieurs propriétés qui ne puiſſent convenir qu'à lui ſeul, on ait un témoignage certain de ſon exiſtence. Il eſt conſtant que la matiere contient encore un grand nombre de propriétés qui ont échappé juſqu'à préſent à nos recherches, & qui pourront bien ne pas échapper à l'induſtrie de ceux qui viendront après nous. En effet les propriétés des corps ne ſe préſentent pas toutes à découvert; puiſque nos Ancêtres, dont le génie, l'induſtrie & l'attention ne le cédoient en rien au génie, à l'induſtrie & à l'attention de nos plus grands Philoſophes, ont ignoré bien des propriétés que nous avons découvertes, & qu'ils n'auroient certainement pas ignorées, ſi elles ſe fuſſent préſentées à leurs recherches. Telles ſont, par exemple, la force d'inertie, la peſanteur qui appartient à tous les corps de la nature, l'attraction, &c.

§. CXL. Pluſieurs Philoſophes célebres commencent à ſoupçonner que chaque filament, chaque portioncule de matiere appartenant au regne animal ou végétal, eſt doué d'une puiſſance *végétative* ou *productrice* (1). Fondés ſur quelques obſervations, ils penſent que la végétation change ces filamens en *zoophytes*, qui comprennent toutes les eſpeces de ces petits animaux que nous obſervons à l'aide des microſcopes; que ces animaux ſe précipitent enſuite au fond du fluide dans lequel ils nagent, y perdent tout leur mouvement, & reproduiſent une matiere gelatineuſe & fibreuſe qui reforme de nouveau de petits inſectes. Ils fondent leur opinion ſur ce qu'on trouve de ces animaux, non-ſeulement dans des vaſes remplis d'eau, dans laquelle on auroit fait pourrir quelques végétaux ou quelques parties animales, & qu'on auroit laiſſé ouverts en plein air; mais encore ſur ce qu'on en trouve dans des vaſes qu'on auroit bouchés avec du liege, du bois, de la peau, ou de la veſſie : de ſorte qu'ils n'imaginent pas que ces animaux, exiſtant auparavant dans l'air ou dans l'eau, & cherchant leur nourriture, aient pu être attirés par l'odeur de la putréfaction, & ſe ſoient inſinués dans les vaiſſeaux dont il eſt ici queſtion, & y aient laiſſé leurs œufs, ou de petits fétus qui s'y ſont développés, & y ont pris le degré d'accroiſſement ſous lequel ils ſe préſentent à nos obſervations.

Nous ne diſconvenons pas qu'il ne s'engendre de petits animaux dans l'eau

(1) Philoſ. Tranſ. n. 490.

dans laquelle on laiſſe pourrir des végétaux ; tels que du foin, des feuilles, des fleurs de toutes ſortes de plantes, de la pâte de farine, du pain, ou dans laquelle on auroit mis quelques parties animales, ſur-tout ſi on procure à ces différentes ſubſtances une chaleur ſemblable à celle du ſang humain, afin de hâter & de favoriſer leur putréfaction. Nous ne diſconvenons pas même qu'on trouve de ces animaux dans des vaſes qu'on auroit bouchés avec du liege, du bois, de la peau, de la veſſie; mais cette obſervation, toute conſtante qu'elle ſoit, ne leve pas la principale difficulté qui ſe préſente dans l'opinion que nous venons d'expoſer. En effet ſi on met dans des fioles de verre remplies d'eau, des végétaux & des parties animales, & qu'on faſſe tremper ces fioles dans de l'eau bouillante, de façon que cette eau enveloppe toute la capacité de ces fioles juſqu'au col, & que même il entre une certaine quantité d'eau dans ces fioles ; alors ſi on les bouche avec des bouchons de verre, qui les ferment exactement, quoiqu'on les place dans une ſerre, & qu'on les entretienne dans un air dont la température ſoit égale à celle du ſang humain, il eſt conſtant que pendant la putréfaction des différentes ſubſtances qu'elles contiennent, ni même après leur putréfaction, on n'obſervera dans aucune ſaiſon de l'année, les inſectes dont nous venons de faire mention; quoique dans le printems, dans l'été & dans l'automne, on en trouve une très grande quantité dans de l'eau qui auroit été expoſée à l'air libre. Je puis citer ce phénomene d'après plus de 150 obſervations que j'ai réitérées, non pas dans une ſeule année, mais pendant pluſieurs années. Je fais uſage dans cette expérience d'eau bouillante, afin de faire périr les œufs ou les fétus des inſectes qui pourroient exiſter dans l'eau ou dans les corps que j'expoſe à la putréfaction, ou même dans l'air. Et c'eſt en uſant de cette méthode qu'on peut conclure, d'après l'expérience que je viens de rapporter; car ſi, après ces précautions, on découvroit des inſectes dans l'eau corrompue, il eſt conſtant qu'ils devroient leur exiſtence à la putréfaction. Mais comme on ne découvre point d'animaux dans les vaſes qui ont été préparés, ſelon la méthode que je viens d'indiquer, on ne doit point regarder encore comme quelque choſe de conſtant, que les inſectes qu'on obſerve dans les liquides qui contiennent différentes ſubſtances animales ou végétales corrompues, doivent leur naiſſance à cette putréfaction. Mais ne peut-on pas demander pour quelle raiſon on trouve de ces inſectes dans des vaſes qui ont été bouchés avec du liege, du bois, de la peau ou de la veſſie? Seroit-ce que les œufs ou les fétus de ces eſpeces d'animaux ſeroient aſſez petits pour s'inſinuer à travers les pores de ces bouchons; car il eſt conſtant que l'air, les vapeurs qui s'élevent des liquides que renferment ces vaſes, les parties odorantes des ſubſtances qu'ils contiennent, &c, paſſent librement à travers ces mêmes pores. Il faut donc redoubler ſes ſoins & toute l'attention dont on eſt capable, pour s'aſſurer s'il exiſte réellement une puiſſance végétative dans les ſubſtances végétales & animales; car il peut fort bien arriver, qu'avec plus de dextérité, & en ſuivant une autre méthode, on découvrira ce qui a échappé juſqu'à préſent à ma pénétration & à mes recherches.

§. CXLI. En traitant de la poroſité, nous avons avancé que les po-

res des corps étoient étendus, & non matériels, & qu'ils n'étoient pas exactement remplis par une matiere quelconque. Nous traiterons donc d'abord de cette espece d'étendue, ou du vuide, & nous ferons voir que les corps n'occupent point toute l'étendue du lieu.

CHAPITRE III.

Du Vuide.

§. CXLII. Comme la question du vuide est agitée aujourd'hui avec beaucoup de chaleur par les plus grands Philosophes, qui mettent en question s'il y a du vuide dans le monde, ou s'il n'y en a point; il est naturel de traiter cette question avec toute l'exactitude possible. Nous démontrerons d'abord que nous pouvons nous former une idée juste du vuide; ce que plusieurs Philosophes nient fortement. Secondement, nous ferons voir qu'il est possible qu'il y ait du vuide. Troisiemement enfin nous en prouverons l'existence.

§. CXLIII. Nous nous formons l'idée du vuide, de la maniere suivante. Qu'on conçoive un point A [*Tab.* 2. *fig.* 1.], & un autre point B, différent du premier, & placé à quelque distance du point A; on concevra donc une distance, un espace entre les deux points: j'appelle cette distance *espace très simple*, qui peut contenir une ligne mathématique, telle que AB, terminée par les deux points A & B.

§. CXLIV. Soit donc conduite la ligne AB [*Tab.* 2. *fig.* 2.], & outre cette ligne, une autre CD, qui soit parallele à la premiere; on concevra alors entre ces deux lignes un espace plan, qui pourroit contenir une superficie mathématique: on peut donc de cette maniere se former l'idée d'un espace plan & vuide.

§. CXLV. Outre la superficie mathématique ABCD [*Tab.* 2. *fig.* 3.], on peut concevoir une autre surface, telle que EFGH, différente de la précédente, mais qui lui est parallele: entre ces deux surfaces, se trouve encore un espace dans lequel on peut placer un corps qui jouiroit des trois dimensions de l'étendue.

§. CXLVI. On peut encore, si on veut, concevoir la surface ABCD, [*Tab.* 2. *fig.* 4.], puis une autre parallele à la précédente EFGH; outre cela une troisieme qui réunisse les deux précédentes ABEF, ensuite une quatrieme à l'opposite CDGH; de plus une cinquieme pardevant comme FBDG: enfin une sixieme, telle que ACHE. Ces six surfaces, conçues de cette maniere, contiennent entr'elles une étendue de trois dimensions, semblable à celle que nous avons conçue (§. 145.), avec cette différence, que celle dont il est fait mention (§. 145.), n'est bornée que de deux côtés, & que celle dont nous parlons dans cette section, est bornée en toutes sortes de sens.

§. CXLVII. Outre ce que nous venons de dire, il eſt conſtant que l'eſprit de l'homme peut ſe former l'idée de la pénétrabilité : or comme cette propriété ne convient nullement à l'étendue matérielle, elle doit donc convenir à une autre eſpece d'étendue; ſavoir, à l'eſpace vuide, & par conſéquent on peut avoir l'idée du vuide.

§. CXLVIII. L'idée que nous venons de nous former de l'eſpace (§. 145 & 146.), ne repréſente à notre eſprit qu'une pure étendue; car ſi on examine avec attention cette idée; il n'y a perſonne qui ne convienne qu'elle ne comprend point celle d'un corps: de ſorte que chacun procédant de cette maniere, ſe forme l'idée de ce que nous appellons *eſpace*; & comme cette idée n'emporte pas avec elle celle d'un corps, nous appellons *vuide* l'objet de cette idée, ou ce qu'elle repréſente.

§. CXLIX. Les ſix ſuperficies dont nous avons parlé (§. 145.), & qui ſont déſignées [*Tab.* 2. *fig.* 4.], ne ſont point partie de l'eſpace qu'elles renferment entr'elles, & elles ne lui appartiennent aucunement; car l'eſpace que nous concevons (§. 146.), eſt une étendue de trois dimenſions, au lieu que les ſurfaces ſont d'une nature toute différente; puiſqu'elles ne ſont que des étendues de deux dimenſions.

2°. L'eſpace dont il eſt parlé (§. 145. *fig.* 3.) n'eſt pas terminé de toutes parts par des ſuperficies : d'où il ſuit manifeſtement que les ſurfaces n'entrent pas dans la compoſition de l'eſpace, & par conſéquent que l'eſpace eſt réellement diſtingué d'un corps qui doit être borné & limité en toutes ſortes de ſens par des ſuperficies.

§. CL. Il ſuit de ce que nous venons de dire, que pour ſe former l'idée de l'eſpace, il n'eſt pas néceſſaire de ſe figurer des ſuperficies; il ſuffit ſeulement que vous conceviez des lignes, telles que AB, EF, AE, BF, CD, DG, GH, HC [*Tab.* 2. *fig.* 4.], vous aurez alors une idée auſſi complette de l'eſpace compris entre ces lignes, que ſi vous vous imaginiez les ſix ſurfaces dont nous avons parlé (§. 146.). Bien plus, ſi vous concevez ſeulement les points A, B, F, E, C, D, G, H, vous concevrez encore le même eſpace : deux moyens ſuffiſans pour démontrer qu'on peut avoir l'idée d'un eſpace, abſtraction faite de celle des ſurfaces. Les ſuperficies ne ſont donc point partie de l'eſpace, & n'entrent donc pour rien dans l'idée qu'on s'en forme.

§. CLI. Si nous concevons que les ſix ſurfaces dont nous avons parlé s'éloignent les unes des autres à l'infini; alors nous nous formerons l'idée d'un eſpace immenſe. Si nous faiſons pour lors abſtraction de ces ſuperficies, nous aurons l'idée d'un eſpace indéterminé & infini en quelque façon. Mais l'idée de l'infini que nous acquerrons de cette maniere ſera très imparfaite, obſcure & confuſe; car, quelque degré d'éloignement que vous accordiez aux ſix ſurfaces précédentes, vous ne parviendrez pas pour cela à vous former une juſte idée de l'infini. En effet, ſi vous imaginiez un eſpace ſemblable à celui de l'orbe annuel de la terre, quelqu'immenſe qu'il paroiſſe, cet eſpace eſt très petit, ſi vous le comparez à l'immenſité de celui dans lequel ſont ſuſpendus les globes céleſtes que nous nommons étoiles fixes, & que nous découvrons des yeux; ce ſecond eſpace eſt lui-même très petit, par comparaiſon à celui qu'occupent les étoiles que nous ne pouvons

découvrir qu'à l'aide d'un télescope : & il est très probable qu'outre ces différens espaces, il en est encore un autre au delà beaucoup plus grand encore, & qui les comprend tous. Et quand nous nous formerions l'idée de ce dernier, nous serions encore bien éloignés de concevoir un espace réellement & absolument infini ; car notre idée différeroit autant de l'idée de l'infini, qu'elle en étoit différente, lorsque nous n'avions que celle de l'espace que comprend l'orbe annuel de la terre.

§. CLII. L'espace conçu de la maniere que nous venons d'indiquer, est, 1°. une étendue dépourvue de tout corps quelconque. 2°. Cet espace peut être pénétré par un corps ; puisqu'il n'apporte aucune résistance à sa pénétration. 3°. Il est homogene & par-tout semblable ; puisque ce n'est qu'une simple étendue qui ne peut différer d'elle-même. 4°. Cet espace est comme une unité ; il ne peut être appellé grand ou petit ; puisqu'il n'a aucune relation avec aucune autre chose qui lui soit semblable, & avec laquelle on puisse le comparer. 5°. Il est continu & sans parties, & par conséquent simple. 6°. Il est indivisible. 7°. Indéfini ; 8°. incommensurable, puisqu'il est plus grand que toute mesure imaginable ; car étant unique dans son genre, il ne reconnoît aucune mesure commune à laquelle il puisse avoir rapport. 9°. Il n'a ni dessus, ni dessous, ni côtés, ni extrêmités ; puisque toutes ces choses supposent une relation entre les parties d'un tout, auquel elles conviennent, & entre d'autres substances étrangeres. 10°. Il est immobile, comme ayant une étendue immense. 11°. Par la même raison il est immuable. 12°. Indépendamment de ce que nous venons de dire, on peut concevoir différentes portions dans cet espace, en plaçant dans son sein des corps à différentes distances, qui distribueront cet espace en plusieurs parties ; lesquelles, à la vérité, ne pourront pas être regardées comme de véritables parties de cet espace, parceque les limites qui termineront ces parties n'appartiendront point à l'espace même, mais aux corps qui y seront placés. En effet, on entend par parties d'un corps, ce qui est terminé par ses propres limites, & non pas par des bornes qui lui sont étrangeres : or puisque dans l'hypothese que nous venons d'établir, ce que nous appellons parties de l'espace n'est point terminé par ses propres limites ; tout ce qui sera compris entre les surfaces des corps qui seront placés dans l'espace, ne pourra point être regardé comme véritable partie de cet espace : & pour ôter l'équivoque, nous le désignerons sous le nom de *portion*. 13°. Les différentes portions de l'espace peuvent être plus grandes, plus petites, avoir chacunes des figures différentes, selon la disposition des superficies des corps qu'on place dans l'espace.

§. CLIII. Il paroît manifestement, par tout ce que nous venons d'exposer, qu'on peut se former une idée du vuide, & que cette idée n'est pas l'idée d'un rien ; mais réellement l'idée d'une chose qui possede plusieurs propriétés, quoique tout cela, comme nous l'avons donné à entendre jusqu'à présent, ne soit néanmoins qu'idéal, tant la chose elle-même, que ses propriétés. Ceux qui rejettent l'idée du vuide ont fait jusqu'à présent tous leurs efforts pour prouver que l'idée que nous venons de donner du vuide, étoit l'idée du *rien*. Voici de quelle maniere on tâche de le démontrer. Représentez-vous, disent-ils, que parmi un grand nombre de corps, il s'en

trouve un ſeul qui vienne à s'anéantir, les autres corps circonvoiſins reſtant immobiles & dans la même ſituation ; alors il y aura entre ces corps une place vuide : concevez enſuite que cette place vuide s'anéantiſſe auſſi, & que les autres corps reſtent en repos comme auparavant ; alors l'état des corps ne change pas ; mais il ne ſe trouve *rien* entr'eux : & conſéquemment dans la premiere, ainſi que dans la ſeconde hypotheſe, il n'y avoit rien entre ces corps. D'où ils concluent que le vuide & le *rien* ſont exactement la même choſe. Ceux qui raiſonnent ainſi, prouvent, par leur raiſonnement, qu'ils conçoivent l'idée d'un véritable vuide, & ſe contrediſent eux-mêmes en récuſant cette idée. 2°. Le rien qu'ils conçoivent dans la ſeconde hypotheſe, eſt l'étendue qui contenoit auparavant, ſi on peut s'exprimer ainſi, l'eſpace & le corps qui ont été détruits, & qui peut encore les contenir. Le *rien* a donc des propriétés, puiſqu'il eſt étendu, & qu'il peut contenir des choſes tout-à-fait différentes de lui-même : or je penſe, & en cela je ſuis d'accord avec tous les Philoſophes, qu'on ne peut rien affirmer ou nier du *rien*. 3°. Comment peut on imaginer que l'eſpace qui eſt entre pluſieurs corps puiſſe être détruit, & qu'il ſubſiſte toujours entr'eux une même étendue ? N'eſt-ce pas la même choſe que, ſi quelqu'un vouloit concevoir que la diſtance intermédiaire qui exiſte entre pluſieurs corps fût détrruite, ces corps reſtant toujours à même diſtance les uns des autres ; ce qui eſt tout-à fait contradictoire. 4°. L'eſpace qui comprend l'Univers, étant individuel & ſans parties, comment peut-on concevoir qu'une de ſes parties ſoit détruite, & que le reſte de cet eſpace ſubſiſte ? L'eſpace ſeroit-il donc indeſtructible ? Point du tout ; mais il faut qu'il ſoit entierement détruit, & non point la moitié ſeulement, ou une de ſes parties, puiſqu'il n'a point de parties.

§. CLIV. Nos Adverſaires aſſurent encore, outre ce que nous venons d'expoſer (1), que nous attribuons à l'eſpace des propriétés qui conviennent au *rien* ; de ſorte que l'on peut prendre indiſtinctement le *rien* pour l'eſpace que nous déſignons : car ils prétendent que c'eſt le propre du *rien*, de n'avoir point de limites, d'être immobile, immuable, individuel, de ne pouvoir être créé ni détruit. A cela nous répondons, que perſonne ne peut ſe former une idée du *rien* par celle qu'on ſe forme de l'eſpace ; quoique cette derniere idée ſoit bien différente de celle d'un corps & d'un eſprit. 2°. Outre les qualités qu'on vient de mettre en avant, l'étendue, l'unité & l'immenſité, qu'on ne peut pas attribuer au *rien*, conviennent encore à l'eſpace. Je paſſe ici ſous ſilence l'impoſſibilité de la création & de la deſtruction, propriétés que je n'attribue pas à l'eſpace.

§. CLV. Toutes les autres objections qu'on peut faire ſur cette matiere, & qui ont pour fondement l'hypotheſe dans laquelle on attribue des parties à l'eſpace, tombent d'elles-mêmes ; puiſque nous avons établi que l'eſpace étoit unique & dépourvu de parties, & qu'on n'étoit redevable qu'aux corps interpoſés dans l'eſpace, des différentes portions qu'on concevoit dans cet eſpace.

§. CLVI. Mais il ſe préſente ici une autre objection à réſoudre (2). Si c'eſt

(1) Polignac, in Anti-Lucretio, Lib. 2. pag. 44. v. 238. (2) Wittichii Oratio de infinito.

l'impénétrabilité

l'impénétrabilité qui met une diftinction entre l'étendue de l'efpace & celle d'un corps; en faifant abftraction de l'impénétrabilité, on aura alors deux étendues qui ne différeront l'une de l'autre que par le nombre, qui conviendront en tout : or, dit-on, il répugne qu'il exifte des chofes qui ne different entr'elles que numériquement.

Nous répondrons à cette difficulté, que l'impénétrabilité ne fait point la différence de l'étendue de l'efpace à celle d'un corps ; mais de l'efpace & du corps.

2°. L'impénétrabilité ne pouvant point être retranchée d'un corps, il s'en fuit qu'on ne peut point fe former l'idée d'un corps qui ne feroit point impénétrable ; car l'idée qu'on s'en formeroit ne feroit nullement conforme, & ne repréfenteroit point un corps.

3°. Ce n'eft pas l'impénétrabilité feule qui établit la différence qu'on remarque entre l'efpace & un corps ; bien d'autres propriétés concourent à établir cette différence. En effet, l'étendue de l'efpace eft infinie ; celle d'un corps eft bornée : le corps eft limité par les furfaces qui le circonfcrivent & qui lui appartiennent. Il n'en eft pas ainfi de l'efpace ; il n'a point de fuperficies qui lui appartiennent : d'où il fuit évidemment que l'efpace & le corps ne font pas deux étendues, qui ne different entr'elles que par le nombre, & qui font femblables en tout.

4°. Nous nions outre cela, qu'il y ait de la répugnance à admettre deux chofes qui ne différeroient entr'elles que par le nombre ; s'il en étoit ainfi, on ne pourroit pas concevoir deux chofes parfaitement femblables : cependant les Mathématiciens conçoivent des figures femblables en tout ; & qui ne different que par le nombre feulement. Bien plus, nous avons déja prouvé (§. 108.) qu'il exiftoit des fubftances femblables. Celui qui a créé toutes chofes, & qui a difpofé chaque partie de fon ouvrage dans l'ordre le plus convenable, a, fans doute, eu des raifons qui échappent à la foible portée de notre entendement, & qui l'ont déterminé à placer telles parties de fon ouvrage dans tel lieu, & telles autres parties femblables aux premieres dans un autre lieu.

§. CLVII. D'autres Philofophes fe font fait une idée bien différente de l'efpace, en ne confidérant précifément que la co-exiftence de plufieurs chofes, & la maniere felon laquelle elles co-exiftent enfemble. Voici leur raifonnement. Suppofons, difent ils, que quatre chofes, comme A, B, C, D, co-exiftent enfemble ; confidérons enfuite de quelle maniere A co exifte avec B, & diftinguons bien la maniere felon laquelle B co-exifte avec C & D. Si on fait attention à l'ordre dans lequel ces quatre chofes font fituées l'une près de l'autre, & fi on confidere enfuite que la diftance entre A & C eft différente de la diftance qui fe trouve entre A & D ; on aura l'idée de ce qu'on nomme efpace : & alors on pourra définir l'efpace *un ordre de chofes qui co-exiftent enfemble, en tant qu'elles exiftent dans un même tems.* Nous tombons volontiers d'accord, que nous pouvons nous former une idée de l'ordre qui fubfifte entre des chofes qui exiftent enfemble ; &, comme il eft libre à chacun de donner à fes penfées tel nom qu'il juge à propos, on peut appeller cet ordre un *efpace* : mais il n'y a perfonne qui ne convienne que cette idée differe entierement de celle fous laquelle nous nous repré-

sentons l'*espace*, qui est quelque chose d'indéterminé, d'infini, & unique : dans l'idée duquel il n'entre aucun rapport, aucune maniere d'être, entre différentes choses co existantes. C'est donc inutilement, & en pure perte, que les Philosophes disputent sur l'espace, sur le vuide, ou sur le plein; puisqu'ils ne s'accordent pas entr'eux sur les dénominations qu'ils donnent à ces choses, & qu'ils expriment par les mêmes mots, des idées qui sont si différentes entr'elles; car l'idée de l'ordre, de la disposition & de la maniere d'être de plusieurs choses co existantes, & qui sont contiguës les unes aux autres, suppose nécessairement, & emporte avec elle l'idée du plein; tandis que l'idée que nous avons donnée de l'espace (§. 146.), suppose nécessairement le vuide, soit que cet espace soit borné par six surfaces, soit qu'on ne fasse pas attention aux bornes qui le circonscrivent.

§ CLVIII. Jusqu'à présent nous n'avons traité que de l'idée du vuide; il faut maintenant que nous fassions voir qu'il n'est pas impossible qu'il existe dans le monde un vuide étendu; ce qu'on peut démontrer facilement d'après l'idée que chacun peut se former du vuide: car on peut supposer que tout ce qui se conçoit clairement, & qui n'emporte aucune contradiction avec soi, existe. Or j'ai démontré (§. 145, 146, 147, 148), qu'on pouvoit se former l'idée d'une étendue dépourvue de matiere.

§. CLIX. Outre ce que nous avons dit précédemment, supposons que Dieu ait renfermé dans la sphere A [*Tab.* 2. *fig.* 5.], tous les corps qu'il a créés, & qu'ils y soient dans un repos parfait; supposons ensuite que le Créateur anéantisse, par sa toute-puissance, le seul corps B, sans mouvoir aucun autre corps: il est certain que dans ce cas, l'espace qu'occupoit le corps B se trouvera sans corps, & qu'il sera vuide: ce vuide ne sera pas rempli, puisque nous avons supposé que le Tout-Puissant, en anéantissant le corps B, ne procureroit aucun mouvement à aucuns des corps qui resteroient dans la sphere A, & qui y étoient en repos. Or, en supposant la destruction du corps B, peut-on dire que l'espace qu'il occupoit soit anéanti, & que le *rien* ait pris sa place? Non, sans doute; il subsiste encore une étendue qui est égale à l'étendue du corps B, qui demeure vuide par l'anéantissement de ce corps; & c'est cette étendue que j'appelle espace.

§. CLX. Supposons encore que Dieu ait renfermé toute la matiere dans les trois spheres A, B, C, [*Tab.* 2. *fig.* 6.]: ces spheres ne se touchant que par les points D, E, F, laissent nécessairement vuide l'espace D, E, F, qu'elles renferment. C'est en vain que quelques Philosophes ont voulu éluder la force de ces argumens, en supposant que les spheres A, B, C, se touchent selon toutes leurs surfaces, & ne laissent entr'elles aucun intervalle; puisqu'il n'y a rien d'interposé entr'elles; de même qu'il arrive, lorsque des corps se touchent complettement. La fausseté de ce raisonnement saute évidemment aux yeux; puisqu'il n'y a personne qui ne sache qu'une sphere ne peut toucher une autre sphere que par un seul point, & par conséquent que c'est une absurdité d'avancer que le *rien* se trouve entre les spheres A, B, C, puisqu'il y existe un espace étendu. Pareillement si on suppose que l'Auteur de la Nature ait renfermé tous les corps dans les trois cubes A, B, C, [*Tab.* 2. *fig.* 7.], disposés de façon entr'eux, qu'ils puissent comprendre le prisme triangulaire E D F; n'est-il pas évident que tous

les corps, étant renfermés dans ces cubes A, B, C, l'efpace prifmatique EDF demeurera vuide.

§. CLXI. D'autres n'ont pas été plus heureux dans leur raifonnement, en difant, que ce qui fe trouve entre ces fpheres eft un corps; parceque c'eft une étendue, & qu'il y a toujours un corps par-tout où il y a étendue. Mais cette objection n'eft qu'une fuppofition purement gratuite; favoir, que deux chofes différentes ne peuvent pas jouir de la même propriété, & cette propriété dont il eft ici queftion, eft l'étendue. Or pour réfuter folidement, & en peu de mots, cette idée, confidérons l'ame & le corps auquel elle eft unie; ces deux fubftances ne font-elles pas tout-à-fait différentes l'une de l'autre? Cependant peut on ne pas convenir qu'elles aient plufieurs propriétés en commun? ne font-elles pas l'une & l'autre finies, créées, dépendantes, &c? Outre cela, tenons-nous au dilemme fuivant. Dieu peut, ou ne peut pas renfermer toute la matiere qu'il a créée, dans les fpheres dont nous avons parlé ci deffus; perfonne, fans contredit, n'ofera mettre des bornes à la puiffance de Dieu, & on ne pourra nier qu'il ne puiffe réellement renfermer toute la matiere dans ces fpheres. S'il le peut, je puis donc imaginer & me repréfenter tous les corps comme reftreints & renfermés dans ces globes: cela pofé, que peut-il refter entre les points de contingence, par lefquels ces fpheres fe touchent, fi ce n'eft un efpace vuide? Mais à quoi bon, en Philofophie, les queftions qu'on agite fur la poffibilité des chofes? Ces queftions font purement inutiles. Nous ne nous arrêterons donc pas davantage fur de telles queftions; nous allons démontrer l'exiftence actuelle du vuide: nous aurons occafion de traiter cette matiere dans différens Chapitres de cet Ouvrage. Nous nous contenterons donc ici de rapporter plufieurs argumens, que non-feulement les anciens Philofophes, mais encore les modernes, ont imaginés, & qui prouvent folidement la vérité que nous avons deffein d'établir.

§. CLXII. Soient deux corps parfaitement folides, ACK, DP, [*Tab.* 2. *fig.* 8.], qui fe touchent felon toutes leurs fuperficies CK, & DP; fuppofons maintenant qu'on vienne à féparer ces deux corps, & à éloigner l'une de l'autre les deux fuperficies qui fe touchent: cela pofé, il eft conftant que, dans le moment de la féparation de ces deux furfaces, il s'eft trouvé un efpace vuide entr'elles deux (1). En effet, en fuppofant que ces deux corps, dans le tems qu'ils étoient en contact, étoient environnés d'un fluide fubtil, très mobile, & propre à s'emparer fur-le champ de l'efpace qu'ils ont laiffé par leur féparation; il eft néceffaire que ce fluide affluant du dehors pour remplir cet efpace, quelque vîteffe qu'on lui fuppofe, arrive & parvienne aux parties e e, f f, avant qu'il puiffe parvenir au milieu de cet efpace g g: d'où il fuit manifeftement, que dans cette opération il exifte un tems, quelque petit qu'on le fuppofe, pendant lequel le milieu g g de cet efpace refte vuide.

Tous les corps qui fe touchent réciproquement, ne fe touchent que par leurs parties folides, par conféquent chaque fois que deux corps fe féparent l'un de l'autre, ou qu'ils viennent à fe rompre, il faut qu'il y ait un efpace

(1) Lucretius, Lib. 1. v. 385.

vuide entre deux ; quoique les corps foient environnés d'un air très fubtil.

2°. Il ne peut pas fe faire qu'il n'y ait du vuide lorfque les élémens des corps qui fe touchent viennent à s'écarter les uns des autres ; l'efpace qu'ils laiffent au premier inftant de leur féparation, eft néceffairement trop petit pour qu'il puiffe recevoir tout corpufcule quelconque de matiere : cet efpace ne peut donc admettre aucun corps qui le rempliffe, que lorfque les élémens dont nous venons de parler fe font tout-à-fait féparés, ou fuffifamment pour que l'efpace qu'ils laiffent entr'eux puiffe contenir un autre élément quelconque. Soient, par exemple, deux élémens tels que A E & B F, [*Tab.* 2. *fig.* 9.], qui commencent à fe féparer l'un de l'autre vers l'extrêmité A B, & qui demeurent encore adhérens vers D. Soit un troifieme élément C, tel, qu'il puiffe s'introduire dans l'intervalle que l'écartement des deux premiers élémens laiffe vers A B ; il eft conftant que le refte de l'efpace A B D, pris poftérieurement à A B, demeurera vuide, jufqu'à ce que les deux élémens A E & B F fe foient fuffifamment écartés l'un de l'autre au point D, pour que d'autres élémens, tels que C, puiffent s'introduire & remplir tout l'efpace que les premiers laiffent entr'eux.

§. CLXIII. Tous les corps, tant grands que petits, & toutes les parties qui les conftituent, font doués d'une figure particuliere. Lorfque nous confidérons un tas de fable, nous remarquons que les figures de beaucoup de grains different les unes des autres. Suppofons maintenant, avec ceux qui nient l'exiftence du vuide, & qui prétendent que tous les efpaces quelconques font remplis par un fluide fubtil ; fuppofons avec eux que tous les pores, tous les petits interftices que laiffent entr'eux les grains de fable dont nous venons de parler, foient remplis exactement par un fluide interpofé : on ne pourra difconvenir que les parties de ce fluide n'aient auffi une figure qui leur foit propre, & qui, dans l'hypothefe préfente, s'accommode parfaitement avec les interftices qui en font remplis. Suppofons donc actuellement qu'on vienne à remuer ce tas de fable avec un bâton, de façon qu'aucune de fes parties ne conferve plus la même fituation qu'elles avoient auparavant ; dans ce cas, je demande comment les parties de cet air fubtil, qui rempliffoient bien tous les vuides, les rempliront encore ici de la même maniere ; puifque les efpaces qui fe trouvent entre les parties, font alors d'une autre figure & d'une grandeur toute différente, & que cette différence fe trouve, pour ainfi dire, variée à l'infini ?

Dans cette hypothefe on conçoit aifément, pour peu qu'on y faffe attention, qu'il n'eft pas poffible qu'il ne réfulte plufieurs efpaces vuides dans l'agitation qu'on procure aux grains de fable dont nous venons de parler. Pour établir cette vérité, il n'étoit même pas néceffaire que nous fuppofaffions des parties auffi grandes que celles qui conftituent un tas de fable ; on peut aifément fe former la même idée, en fuppofant les parties infiniment petites d'un fluide très fubtil : ces petites molécules, ayant auffi une figure déterminée, ne peuvent être agitées, mifes en mouvement, mêlées & confondues les unes avec les autres, qu'il n'en réfulte entr'elles de petits efpaces, plus petits que chacune de ces molécules, & conféquemment de petits efpaces vuides. Si on fuppofe que ces molécules foient arrondies & globu-

leuſes, elles laiſſeront néceſſairement un vuide entr'elles : ſi on les ſuppoſe toutes égales entr'elles, de même figure, qu'elles ſoient toutes, par exemple, tetraedres, hexaedres, dodecaedres, icoſaedres, &c ; alors, ſi on ſuppoſe que toutes ces molécules ſoient en repos, elles formeront, à la vérité, un ſolide parfait : mais en ſera-t-il ainſi ſi on vient à les agiter ? Non, ſans doute : la ſolidité de la maſſe ſera interrompue par pluſieurs petits interſtices, qui naîtront de la différente diſpoſition que ces molécules acquerront dans leur mouvement ; & ces vuides ſeront encore plus multipliés ſi on ſuppoſe avec ceux qui n'admettent point de vuide, que ces molécules aient des figures différentes. Dira-t-on que les molécules d'un fluide très ſubtil ſont molles, qu'elles ſe prêtent à toutes les figures poſſibles, & qu'elles peuvent par conſéquent remplir toutes ſortes d'eſpaces quelconques ; de ſorte qu'à l'aide de cette diſpoſition, il ne peut reſter aucun eſpace vuide (1) ? Je demande à ceux qui oſent avancer une telle réponſe, comment ils pourront démontrer que les élémens des fluides ſoient mous, & très propres à varier leur figure ? A moins qu'ils ne ſuppoſent que les élémens ſoient eux-mêmes compoſés de plus petits élémens : ce qui eſt contradictoire.

§. CLXIV. Il nous ſeroit abſolument impoſſible de mouvoir aucun corps, s'il n'y avoit pas de vuide dans l'Univers (2). Si vous voulez vous former une idée de la grandeur du monde, faites attention que les Aſtronomes modernes ont découvert que la parallaxe annuelle des étoiles n'eſt que d'une ſeconde ; par conſéquent l'étoile nommée *Syrius* dans le grand *chien*, doit être ſi éloignée de notre terre, qu'un boulet de canon, qui parcourt 600 pieds dans une ſeconde, ne pourroit ſe rendre de notre terre à cette étoile que dans l'eſpace de 104,166,666,636 ans. Il y a dans l'immenſité des cieux d'autres étoiles beaucoup plus éloignées ; car celles qui ſe remarquent dans la voie lactée, ſont à une diſtance infiniment plus grande. Cela poſé, ſuppoſons qu'on veuille mouvoir le doigt de A en D [*Tab* 2. *fig.* 10.], ſelon la direction A D, s'il n'y a point de vuide dans la Nature, & que le monde entier ſoit rempli de corps qui ſe touchent tous immédiatement, on ne pourra porter le doigt de A en D, qu'autant qu'on pourra faire mouvoir tous ces corps interceptés entre le point A & le point D : de là quelle réſiſtance n'auroit-on pas à éprouver de la part de l'inertie de tous ces corps, dont le nombre eſt preſqu'infini ; & par conſéquent on ne pourroit vaincre cette réſiſtance que par une force infinie. D'où il ſuit que le peu d'effort que nous pouvons faire pour avancer le doigt dans une diſtance quelconque, ne ſeroit pas ſuffiſant pour vaincre la réſiſtance que nous aurions à éprouver dans un plein parfait : or l'expérience journaliere atteſte le contraire ; nous ne ſentons preſque point de réſiſtance aux mouvemens que nous faiſons ; d'où il ſuit manifeſtement que de A en D, & même qu'auprès du point A il n'y a que très peu de corps & beaucoup de vuide, au moins diſſéminé entre les corps qui s'y trouvent : car le vuide a cela de particulier, qu'il n'oppoſe aucune réſiſtance. Qu'on ne s'imagine pas réſoudre la difficulté, en ſuppoſant que l'Univers eſt rempli d'une matiere élaſtique ; que le doigt qui veut ſe mouvoir n'en comprime qu'une très petite partie, & n'eſt pas obligé de

(1) Polignac, in Anti-Lucretio, Lib. 2. v. 741. (2) Lucretius, Lib. 1. v. 335.

mouvoir toute celle qui est interposée entre le point d'où il se meut, & les confins de l'Univers. Car on ne peut ignorer, que des parties élastiques comprimées, déploient leur effort contre celles qui leur sont postérieures, & sur lesquelles elles s'appuient : & si la compression qu'elles éprouvent, est telle que leur figure en soit altérée, & qu'elles se dilatent sur les côtés; alors le doigt qui les comprimera de cette maniere, aura à mouvoir, en toute sorte de sens, une bien plus grande quantité de matiere.

Ceux qui cherchent à rendre raison du mouvement local dans le plein, en supposant que le fluide ambiant se meut circulairement autour du mobile, ne donnent pas dans une moindre absurdité que ceux que nous venons de réfuter; puisque ce mouvement ne peut absolument avoir lieu dans un plein parfait (1). Le fluide, chassé par la partie antérieure du mobile qui s'avance, & qui afflue vers la partie postérieure de ce mobile, ne peut pas contribuer à son mouvement local; car, avant que ce fluide soit parvenu à la partie postérieure du mobile, il perd une partie de sa force contre les parties intermédiaires, qu'il rencontre : il ne peut donc point communiquer au mobile une force égale à celle qu'il éprouve de la part de la résistance que les parties antérieures apportent à son avancement. Son mouvement doit donc diminuer, en vertu de cette résistance. S'il en étoit autrement, le mobile ne parviendroit jamais à l'état de repos : ce qui va directement contre l'expérience.

Supposons néanmoins pour un instant, que tout l'Univers soit parfaitement plein; dans cette hypothese, si on fait mouvoir une sphere, lorsqu'elle aura parcouru un espace égal à la longueur de son diametre, elle aura déplacé une quantité de matiere égale à celle dont elle jouit, à laquelle elle aura communiqué la moitié de sa vîtesse : si elle continue encore à se mouvoir, lorsqu'elle aura parcouru un second espace semblable au premier, elle communiquera à la matiere qu'elle déplacera dans un second instant, la moitié de sa vîtesse restante, & par conséquent elle aura perdu les trois quarts de sa vîtesse, après avoir parcouru un espace égal à deux fois la longueur de son diametre. Or il s'en faut de beaucoup qu'on observe de pareils phénomenes dans l'état présent des choses, soit que les boules qu'on met en mouvement soient lancées avec la main, ou par une bouche à feu : d'où il suit que l'espace dans lequel les corps se meuvent, est parsemé de petits espaces vuides.

C'est pour cette même raison que les corps célestes, les planetes, les cometes, conservent leurs mouvemens en décrivant des ellipses autour du soleil; ils se meuvent dans des espaces vuides, ou qui contiennent très peu de matiere, si nous en exceptons la matiere de la lumiere, qui est extrêmement rare; car il ne seroit pas possible que ces corps continuassent à se mouvoir, si les espaces célestes étoient parfaitement pleins.

§. CLXV. Si un corps est mis en mouvement dans du mercure, il éprouve une grande résistance; si ce même corps est poussé avec la même vîtesse à travers de l'eau, il rencontrera une résistance à son mouvement, qui sera quatorze fois moindre que dans le mercure : enfin si on pousse en-

(1) Lucretius, Lib. 1. v. 370.

core ce corps, avec la même vîteſſe, à travers l'air, il ſouffrira une réſiſtance qui ſera 14000 fois moindre que celle qu'il rencontre lorſqu'il ſe meut dans du mercure. Or ſi les pores de ces trois fluides étoient exactement remplis par une matiere ſubtile, ces fluides feroient éprouver au mobile, dont nous venons de parler, la même réſiſtance ; parceque, ſe trouvant dans les uns & dans les autres une même quantité de matiere, qui jouit par conſéquent d'une égale force d'inertie, le mobile ne pourroit ſe mouvoir, qu'il ne déplaçât, dans tous les cas, la même quantité de matiere. Mais il n'en arrive pas ainſi ; l'air fait à peine éprouver ſa réſiſtance ; celle de l'eau eſt plus grande, & celle du mercure eſt très conſidérable : d'où il paroît qu'il doit y avoir une moindre quantité de matiere dans l'air que dans l'eau, dans ce dernier liquide que dans le mercure : il doit donc y avoir beaucoup d'eſpaces vuides dans l'air, moins dans l'eau, & beaucoup moins encore dans le mercure?

§. CLXVI. Il ne faut pas imaginer que la réſiſtance des fluides dépende de la maſſe & du volume de leurs parties conſtituantes; car c'eſt une erreur manifeſte. L'inertie des corps eſt la cauſe premiere de la réſiſtance qu'ils font éprouver; l'attraction & le frottement y contribuent auſſi : & c'eſt parceque ces trois cauſes concourent à la réſiſtance qu'on éprouve pour déplacer les corps, que cette réſiſtance n'eſt pas abſolument en raiſon directe de la maſſe; mais en raiſon compoſée de l'inertie, du frottement & de l'attraction.

La force d'inertie appartient à la maſſe totale de toute eſpece quelconque de fluide, & conſéquemment à chacune de ſes parties ; elle eſt proportionnelle à la quantité de matiere que cette maſſe contient : d'où il ſuit que, ſi on ſuppoſe même quantité de matiere dans deux maſſes fluides, leur force d'inertie ſera égale de part & d'autre. L'air, qui, des trois fluides que nous venons d'indiquer, eſt celui qui réſiſte le moins, eſt compoſé de parties plus groſſieres que chacun des deux autres ; & le mercure, qui eſt celui des trois fluides qui réſiſte le plus, eſt formé de parties plus ſubtiles. En effet, ſi on renferme de l'air dans un tuyau de plomb, d'étain, d'argent, &c, & qu'on l'y comprime fortement, il ne ſe fera pas jour à travers les pores de ces métaux ; mais il n'en arrivera pas ainſi, ſi on ſoumet de l'eau à la même épreuve ; elle ſe filtrera à travers leurs pores.

2°. Ni l'air, ni l'eau, ne paſſent pas aiſément à travers l'or, l'argent, le cuivre ; le mercure s'y fait aiſément jour : il les ronge, il les détruit. D'où il ſuit que les molécules de l'air ſont plus groſſieres, plus volumineuſes que celles de l'eau, & que celles qui conſtituent ce dernier fluide le ſont auſſi davantage que celles qui compoſent le mercure. Bien plus, les parties de l'air qui entrent dans la compoſition des fluides, s'en échappent, & paroiſſent très ſenſibles à l'œil, lors même qu'elles ſont ſeules, lorſqu'on décharge cet air d'une partie du poids de l'atmoſphere, dont il eſt naturellement chargé. Il n'en eſt pas ainſi des parties de l'eau & de celles du mercure ; elles échappent à notre vue, lors même qu'elle eſt aidée des meilleurs microſcopes.

3°. Quand l'air eſt raréfié, & que ſes parties ont acquis un plus grand volume, comme il arrive à l'air qui ſubſiſte ſous un récipient qu'on a preſqu'épuiſé d'air; alors cet air réſiſte moins au mouvement des corps qui ſe meuvent dans ſon ſein : ce que prouvent manifeſtement les vibrations des

pendules, qui font beaucoup plus promptes dans le vuide que dans l'air plein.

§. CLXVII. Qu'on ne dife pas non plus, que les corps qui fe meuvent dans les fluides n'éprouvent point de réfiftance de la part de la matiere fubtile qui réfide dans les pores de ces fluides; parceque cette matiere eft de différente nature que celle qui conftitue les corps fenfibles. Ne pourroit-on pas demander aux partifans de cette idée, qu'ils la démontraffent, & qu'ils ne fe bornaffent pas à l'avancer fans preuves & fans fondement: outre cela ceux qui ont recours à ce fubterfuge, ne foutiennent-ils pas que cette même matiere fubtile eft la caufe de la pefanteur que nous obfervons dans tous les corps, & que c'eft elle qui, par fa preffion, les follicite vers le centre du globe auquel ils appartiennent? N'eft-ce pas elle qui, felon eux, s'oppofe à l'élévation des corps projettés? Pour quelle raifon oferoient-ils donc avancer, que cette même matiere n'oppoferoit aucune réfiftance aux corps qui fe mouveroient felon une autre direction, ou qu'elle n'augmenteroit pas la réfiftance des fluides, dans les pores defquelles elle eft placée? Indépendamment d'une raifon auffi folide que celle que nous apportons contre cette opinion, les partifans de ce fentiment affurent encore, que ce fluide univerfel, cette matiere fubtile, ayant la liberté de paffer librement à travers les pores de tous les corps, ainfi que la matiere de la lumiere, celle de l'électricité, & la matiere magnétique; il en réfulte que cette matiere ne fait éprouver aucune réfiftance aux corps qui fe meuvent dans fon fein. Cette obfervation, qu'on apporte pour confirmer l'opinion que nous réfutons, a elle-même befoin de preuves. En effet, eft il démontré que la matiere de la lumiere pénetre librement à travers tous les corps, eft-il reçu univerfellement que la matiere électrique pénetre auffi librement à travers tous les corps? Les corps opaques font voir manifeftement la fauffeté de la premiere de ces deux propofitions: la feconde eft encore en litige. On ajoûte encore, en faveur de l'opinion du plein, qu'un fluide mû en toutes fortes de fens, agit, à la vérité, fur les corps; mais qu'il ne s'oppofe pas à leurs mouvemens: ce font autant de propofitions avancées au hafard, qui ne font point démontrées, & qui ne répondent nullement à la force d'inertie qu'on remarque dans tous les corps.

§. CLXVIII. Quoiqu'il foit démontré qu'il y ait du vuide dans la Nature, nous avouons cependant que nous ne fommes pas encore parvenus à produire un vuide parfait. En effet, quoique par l'expérience de *Toricelli*, on vienne à bout de fupprimer de la partie fupérieure du tube, l'air atmofphérique qui en étoit en poffeffion; quoique, à l'aide de la machine pneumatique, nous puiffions épuifer d'air des récipiens de verre, de métal; néanmoins ces efpaces, les capacités de ces vafes, ne font pas abfolument vuides: il refte encore dans ces efpaces, vuides d'air, la matiere du feu: bien plus, la lumiere, la matiere magnétique univerfelle, & quelquefois la matiere magnétique particuliere, fe font aifément jour à travers les pores de ces vafes; & même on peut ajoûter que ces vafes font encore pénétrés par d'autres fubtiles émanations, qui font affez délicates pour paffer à travers les pores des verres & des métaux, ainfi que les Chymiftes l'ont découvert.

§. CLXIX.

§. CLXIX. D'autres Philofophes ont encore fuivi d'autres voies pour réfuter l'exiftence du vuide ; & il paroît probable qu'ils ont cherché davantage en cela à faire briller la fubtilité de leur efprit, qu'ils n'ont eu en vue de découvrir la vérité. Ils ont eu recours à la puiffance, à la fageffe & à la bonté de l'Etre fuprême, pour autorifer leur idée : & voici comment ils ont raifonné. Plus il y a de corps dans le monde, difent ils, plus Dieu a d'occafions d'opérer & de manifefter fa puiffance & fa fageffe, qui fe décelent par-tout, & qu'il poffede au plus éminent degré de perfection ; ainfi, continuent ces Philofophes, puifque Dieu n'agit que fur les corps, & non fur l'efpace, il faut de néceffité qu'il y ait des corps par-tout, & qu'il n'y ait point du tout d'efpace vuide.

Cette difficulté tombe d'elle-même, dès qu'on fait voir que Dieu agit auffi bien dans le vuide que fur les corps ; qu'il conferve également le vuide & les corps ; qu'il remplit tout, parcequ'il eft préfent par-tout ; & que par conféquent il manifefte par-tout fa puiffance & fa fageffe, dans les endroits même où il n'y auroit point de corps.

2°. Si Dieu n'a voulu créer qu'un efpace vuide & des corps, fa fageffe & fa toute-puiffance fouffrent elles quelqu'atteinte par une telle création ? Les chofes qu'il a créées ne font-elles pas dignes d'être forties de la main du Tout Puiffant ; puifqu'il a tiré du néant un efpace infini, qu'il a formé un foleil plus de cent mille fois plus grand que la terre, des étoiles fixes qui furpaffent autant la grandeur du foleil, & qu'il a pofé un nombre infini de ces étoiles dans l'efpace qu'il a créé ? La fageffe fuprême du Créateur n'éclate pas moins dans la production de l'efpace, qu'il a fait fortir du néant, que dans la création des corps ; car il n'a pas placé l'efpace dans un autre efpace plus grand, qui exiftoit auparavant : il n'a pas formé cet efpace d'un autre préexiftant ; mais de *rien* : de forte qu'on doit être pleinement convaincu, qu'il n'exiftoit aucune étendue avant la création de celle qui exifte aujourd'hui.

Mais fi on établit une différence dans la perfection des ouvrages émanés de la main du Créateur, & qu'on dife, qu'il eft de la dignité de Dieu de n'agir que fur les fubftances les plus parfaites ; qui eft ce qui pourra démontrer que l'efpace eft moins parfait qu'aucun corps, puifque l'efpace eft infini, & que tout corps eft fini ? D'ailleurs, d'après quelle autorité établit-on que Dieu n'agit que fur les fubftances les plus parfaites ? Ce n'eft qu'une hypothefe feinte & fans fondement. Sans contredit, l'ame, dans l'homme, eft plus parfaite que le corps qu'elle anime ; l'homme eft de beaucoup fupérieur aux animaux ; ceux-ci ont plus de perfection que les végétaux, & les végétaux eux-mêmes doivent avoir la préférence fur les foffiles. Il n'y a perfonne qui puiffe réfuter l'ordre que nous venons d'établir. Or, dira-t-on que Dieu n'agit que fur les efprits, ou fur les hommes feulement, & qu'il ne fait aucune attention aux autres fubftances dont nous venons de parler : c'eft ce qu'on devroit conclure du fentiment que nous venons d'expofer ; & ce que la difpofition & la confervation des fubftances fpirituelles, corporelles, en un mot, de toutes les fubftances qui font partie de l'Univers, démontrent manifeftement faux.

3°. On voit, par ce qui fe paffe dans la Nature, que Dieu a voulu créer

les corps, & qu'ils fussent mis en mouvement : il étoit donc besoin, pour cela, que Dieu produisît un espace vuide, dans lequel ils pussent se mouvoir, sans éprouver une trop grande résistance; & la sagesse du Créateur éclate autant dans la production de cet espace, si nécessaire aux fins qu'il s'est proposées, que sa bonté se décele par la création & la conservation de toutes les substances dont l'existence n'étoit point nécessaire : parceque l'espace infini que l'Auteur de la Nature a créé, n'a point de parties, & qu'on ne peut point distinguer en lui, ni haut, ni bas, ni milieu, Dieu a placé les corps qu'il a créés, dans la portion de cet espace qu'il a choisi, relativement aux fins qu'il s'est proposées, & qu'il n'a point communiquées à l'homme; d'où il suit que c'est en vain que les Philosophes voudroient pénétrer la raison qui a déterminé Dieu à placer les corps dans la situation & dans la portion de l'espace où ils se trouvent.

§. CLXX. On dit encore, que le vuide laisse des places stériles & non employées, dans lesquelles on auroit pu placer d'autres corps, & que de tels espaces vont directement contre la sagesse du Créateur; puisqu'il ne doit rien avoir de stérile dans la Nature. Cette difficulté est de peu de conséquence. Ecoutons la réponse que donne le célebre *Joh. Bernouilli.* Avant la création du monde, si nous exceptons Dieu, il n'existoit aucun être quelconque; & par conséquent il existoit une stérilité universelle, si on peut s'exprimer ainsi : or si cette stérilité universelle ne répugnoit point à la sagesse infinie de l'Etre suprême, pour quelle raison peut-on avancer que quelques petits espaces stériles répugnent à cette même sagesse ? Outre cela, les places qui sont actuellement vuides, ne sont pas stériles pour cela; car on entend par stérile, ce qui n'est d'aucune utilité, & ces espaces vuides ont la leur; de même que les pores dont une éponge est parsemée, de même que les trous dont un crible est percé, sont nécessaires à la fin pour laquelle ces choses sont destinées : il est donc très difficile, pour ne pas dire impossible, de démontrer que les vuides qui existent dans la Nature, répugnent à la sagesse de Dieu; puisque nous ignorons les fins qu'il s'est proposées dans la création de toutes choses (1). J'avouerai, à la vérité, qu'on auroit pu créer d'autres substances, qui eussent rempli les espaces vuides qui existent dans la Nature; mais je ne conviendrai pas que le monde en eût été plus parfait; car c'est ce qu'il faudroit démontrer.

§. CLXXI. L'objection suivante n'est pas mieux fondée que les précédentes. Si l'espace est un être, cet être sera une substance : or qu'on nous dise donc quelle est cette substance ? J'avouerai ingénument que les bornes étroites qui circonscrivent la pénétration de mon génie, ne me permettent pas de connoître quelles sont les substances, tant celle que je nomme espace que toutes les autres qui composent l'Univers; savoir, les corps, les esprits, Dieu, &c. La nature de ces différentes substances est encore un mystere, qu'il n'est pas donné à l'homme de pénétrer. Mais on pousse encore plus loin la difficulté, & on dit; si l'espace est une substance, elle subsistera beaucoup plus que les autres, & Dieu n'aura pas le pouvoir de la détruire. Je ne vois pas sur quel fondement est établi ce raisonnement; car, puisque la

(1) Commerc. Epist. inter Leibnitium & Bernouillium, v. 1.

nature des fubftances n'eft pas connue, comment ofe-t-on affirmer qu'une fubftance perfévérera plus long-tems qu'une autre ? Comment ofe-t-on avancer que Dieu a le pouvoir d'en anéantir quelques-uns, & que ce pouvoir ne s'étend pas jufqu'à quelques autres ? Pour quelle raifon, fi Dieu avoit la volonté d'anéantir les corps & l'efpace, pourroit-il anéantir les premiers, & ne pourroit-il pas anéantir l'efpace ? Si Dieu vouloit, qu'excepté lui feul, rien n'exiftât; ni l'efpace, ni les corps, ni toute autre chofe quelconque qui auroit été créée, ne fubfifteroient point alors; car je ne crois pas que l'efpace ait une force qui réfifte plus à la Puiffance divine que les corps. Dira-t-on que c'eft parceque l'efpace ne réfifte pas, qu'il ne peut pas être détruit ? Certainement ce feroit une raifon pour le détruire plus facilement. Si Dieu détruifoit & anéantiffoit l'efpace, nous ne conferverions plus l'idée de la diftance d'une extrêmité à l'autre; puifque le vuide, étant infini, ne reconnoît point d'extrêmités.

§. CLXXII. On oppofe cependant encore, que la lumiere, étant fupprimée d'un lieu quelconque, il ne refte plus qu'une ombre dans cet endroit, & que cette ombre ne peut être détruite que par la préfence de la lumiere. En raifonnant par parité, on conclud qu'un corps, étant ôté d'un endroit, ce lieu demeure vuide, fi on n'introduit point dans cet endroit un autre corps qui rempliffe l'efpace que le premier a abandonné; & qu'on ne peut détruire le vuide qui fubfifte, que par l'intromiffion d'un nouveau corps. Il s'enfuivroit de ce raifonnement, que l'efpace feroit une fubftance indeftructible; puifqu'on ne pourroit le détruire que par la préfence de quelques corps qui le rempliroient, & qui néanmoins ne le détruiroient point; puifque l'efpace fubfifte avec les corps qui l'occupent.

Que prouve, dans l'objection que nous venons de rapporter, la comparaifon de deux chofes auffi diffemblables que l'ombre & l'efpace, fi ce n'eft que l'une & l'autre ne font qu'une fimple privation, & par conféquent le *rien*, qualification que nous avons démontré (§. 153.) ne pouvoir convenir à l'efpace. L'ombre, à la vérité, peut exifter, & exifte réellement, par la privation de la lumiere; au contraire, l'efpace fubfifte indépendamment des corps: mais les corps ne pourroient fubfifter fans l'efpace qui les contient; c'eft pourquoi la comparaifon auroit été mieux établie, fi on avoit comparé l'ombre avec le corps, & non pas avec l'efpace. Perfonne ne regardera jamais les corps comme un *rien*. Outre cela il n'eft pas démontré que l'ombre foit tout-à-fait dépourvue de lumiere; au contraire il eft très certain que l'ombre comprend encore quelques portioncules de matiere lumineufe.

§. CLXXIII. On a encore recours à d'autres artifices pour détruire le vuide; fi le vuide eft une fubftance, dit-on, il faut qu'elle foit parfaitement abfolue, éternelle, exempte de toute paffion, & indépendante de Dieu. Il y aura donc par conféquent deux fubftances indépendantes dans le monde; favoir, le vuide, & Dieu: ce qui eft tout-à-fait abfurde. J'avouerai que le vuide eft une fubftance, de même que les corps, les ames, & tous les efprits quelconques; j'avouerai bien plus, que l'efpace eft une fubftance abfolue: c'eft-à dire, auffi parfaite qu'il convient qu'elle le foit. Je regarde cette fubftance comme indépendante de tout être créé; mais ce n'eft qu'une

ſubſtance d'une nature particuliere, de même que les corps & les eſprits, qui ſont auſſi, les uns & les autres, des ſubſtances d'un genre particulier.

Mais cette ſubſtance eſt elle éternelle, comme on le prétend? Non certainement. Elle a été créée au commencement du monde; puiſque l'Ecriture nous apprend que Dieu créa alors le Ciel & la Terre : on doit entendre par le Ciel, l'eſpace infini; & par la Terre, tous les corps qu'il contient (1). J'avoue ingénument que je ne puis me repréſenter clairement & diſtinctement dans l'eſprit la création de l'eſpace; parceque je ne connois pas en quoi conſiſte ſa nature, ni celle de toutes les autres choſes qui exiſtent; car la nature de tous les êtres, tant ſpirituels que matériels, que Dieu a tirés du néant, eſt un myſtere dont la pénétration eſt beaucoup au delà de la foible portée de l'eſprit humain; & c'eſt dans de telles recherches que l'homme doit reconnoître ſon inſuffiſance. Mais je tiens fermement pour la création de l'eſpace; parceque, 1°. cet être n'eſt pas abſolument néceſſaire, & qu'il auroit pu ne pas être créé : car s'il eût plu à l'Auteur de la Nature de ne créer aucun corps, ni aucune autre ſubſtance quelconque, je ne vois pas qu'il eût été néceſſaire que l'eſpace eût exiſté; puiſque la principale raiſon pour laquelle il paroît exiſter, eſt parcequ'il doit contenir les corps qui ſe meuvent dans ſon ſein, quoique, à la vérité, il puiſſe encore être deſtiné à d'autres uſages. 2°. On ne peut pas dire que l'eſpace doive ſon origine au néant; puiſque le *rien* ne peut produire quoi que ce ſoit. 3°. Il n'exiſte pas par lui-même; puiſqu'on ne conçoit point en lui, & qu'il n'exiſte réellement point en lui, aucune faculté, aucune puiſſance active, en vertu de laquelle il ait pu ſe donner l'exiſtence. 4°. On ne peut pas dire qu'il exiſtât devant Dieu; puiſque, n'ayant aucune force, il n'a poſſédé aucune vertu qui ait pu le faire exiſter. 5°. Pour la même raiſon, on ne doit pas le regarder comme exiſtant de toute éternité, ainſi que Dieu : il faut donc néceſſairement qu'il y ait eu un tems, pendant lequel il n'exiſtoit pas, & qu'il ait reçu ſon exiſtence de la main de celui qui a créée toutes choſes; puiſque rien n'exiſte que par ſa volonté.

En conſéquence de ce que nous venons de dire, dès que l'eſpace exiſte, il a été créé, & par conſéquent il n'eſt pas éternel, & il n'appartient qu'à Dieu ſeul d'être éternel & indépendant : c'eſt pourquoi l'eſpace qui eſt créé, dépend de celui qui l'a tiré du néant, & il ne tient qu'à lui de le replonger entierement dans le néant, d'où il l'a tiré. On avance que l'eſpace n'eſt pas *ſuſceptible de paſſion;* j'en tombe d'accord, ſi on entend par là qu'il ne peut pas être mis en mouvement à la maniere des corps, & qu'il ne peut pas être diviſé en pluſieurs parties : car cela iroit directement contre ſa nature. Il eſt cependant, en quelque façon, ſuſceptible de paſſion, relativement aux changemens qu'il peut ſubir; puiſqu'il peut être rempli par des corps, & qu'il peut devenir vuide par la deſtruction de ces mêmes corps : mais tous ces changemens ne tombent pas, à proprement parler, ſur l'eſpace. C'eſt ainſi que tombent toutes les difficultés que nous avons rapportées.

§. CLXXIV. L'eſpace de l'Univers eſt unique, il échappe à la foibleſſe de

(1) Geneſe, Cap. 1. v. 1.

nos organes, & ne tombe point sous nos sens; il est infiniment étendu, & ne reconnoît aucunes bornes : de-là il ne peut point exister plusieurs espaces; puisqu'un espace infini renferme tous ceux que nous pourrions imaginer. Cet espace, en tant qu'infini, n'a ni haut, ni bas, ni milieu; il est homogene, par tout semblable à lui même, continu, immobile, indivisible; il n'a aucunes parties, puisqu'il n'y a rien dans l'espace qui puisse faire distinguer une partie d'une autre : néanmoins on peut y considérer plusieurs portions, relativement à la distance des corps qui sont placés dans son sein; les limites qui terminent ces portions d'étendue, appartiennent aux corps qui les forment, & non à ces portions elles-mêmes. Ces portions peuvent différer entr'elles d'une infinité de manieres; elles peuvent avoir des figures différentes les unes des autres, & elles peuvent être mesurées, quoiqu'improprement, c'est-à-dire, négativement : outre cela, l'espace se laisse pénétrer par les corps, sans leur faire éprouver la moindre résistance. Cet espace renferme tous les corps qui existent, & il leur laisse la liberté de s'y mouvoir. L'espace est donc un être, & non pas un simple mode; car toutes les propriétés que nous venons de démontrer, & qui appartiennent à l'espace, n'appartiennent point à un mode, ou à une autre propriété quelconque.

§. CLXXV. Plusieurs Savans ont disputé l'infinité à l'espace, & ils fondoient leur raisonnement sur ce que l'espace, n'étant destiné qu'à contenir des corps, non seulement finis & limités quant à leur grandeur, mais encore quant à leur nombre, ils ont cru que l'espace qui existeroit au delà du monde corporel, seroit inutile; & que la sagesse du Créateur, n'ayant rien créé d'inutile, l'espace ne pouvoit pas être infini. Mais il faut observer ici que l'étendue de l'espace doit être plus grande que celle de tous les êtres matériels qui font partie de l'Univers; puisque les corps céleftes ne sont pas seulement placés dans cet espace pour rester en repos, dans la portion qu'ils pourroient occuper, mais qu'ils y font des révolutions; comme il paroît manifestement par le mouvement des cometes & des planetes qui circulent autour du soleil. Rien n'empêche même qu'il n'existe de pareils astres qui fassent leurs révolutions autour des étoiles fixes, qui sont si éloignées. D'ailleurs qui est-ce qui peut rendre raison de toutes les fins que l'Auteur de la Nature s'est proposées en créant l'espace? Quoique nous ne puissions découvrir sur-le-champ l'utilité & les avantages de plusieurs choses; est-ce une raison de conclure aussi-tôt qu'elles sont inutiles? Il en est de même de l'espace; nous ne connoissons point encore de quelle utilité peut être l'espace qui s'étend au delà des corps, & nous ne savons pas encore pour quelle raison l'Auteur de la Nature n'a point imposé de bornes à l'espace qu'il a formé; mais ce n'est pas une raison pour cela de nier l'immensité de son étendue. D'autres nient que l'espace soit infini; parceque, selon leur idée, tout ce qui est créé doit avoir des bornes, & est, de sa nature, fini & limité. Mais ce n'est qu'une pure assertion dont on ne voit pas la raison; car on ne voit pas de nécessité d'admettre, que tout être créé doit être borné. En effet, qui est-ce qui empêche qu'un Etre infiniment puissant, tel que celui qui a tiré toutes choses du néant; qui est-ce qui empêche, dis-je, qu'il puisse créer un être auquel il accorde une perfection infinie? Cet être différera encore suffisamment d'un Etre infini de toutes parts, éternel, sou-

verainement intelligent, & totalement indépendant. D'ailleurs, si une puissance infinie ne pouvoit former un être tel que nous venons de l'indiquer, il est constant qu'on devroit reconnoître des bornes à sa puissance.

§. CLXXVI. Outre cela, n'étoit-il pas nécessaire qu'un Etre infiniment puissant, voulant créer le monde, produisît un ouvrage qui pût signaler sa puissance infinie? Cet ouvrage pouvoit-il être très resserré dans sa grandeur, ou d'une grandeur moyenne; ou enfin devoit-il être d'une grandeur infinie? Les deux premiers effets ne s'accordent point avec la puissance infinie & l'intelligence suprême de Dieu; il falloit donc que cet effet, c'est-à-dire le monde, fût autant grand qu'il étoit possible, c'est-à dire, infini: & par conséquent on doit croire que le monde, ou l'assemblage de tous les êtres, à l'exception de Dieu, est infini. De-là l'espace qui comprend les corps, & qui fait partie du monde, est infini. Il ne répugne même pas de croire que le nombre de tous les corps qui sont placés dans cet espace, surpasse tous les nombres que nous pouvons imaginer: quoique nous ne voulions pas affirmer qu'aucun corps soit infini; puisque chaque corps, pris en particulier, est fini, & que, multiplié par tout nombre quelconque, le produit qui en naît est fini. Dieu n'a-t-il pas créé les ames? Peut-on dire que ces substances ne jouissent d'aucune propriété infinie? Je suis très persuadé qu'elles sont éternelles, indestructibles, & qu'elles ne retourneront jamais dans le néant d'où elles ont été tirées: plusieurs anciens Philosophes l'ont pensé ainsi; les modernes nous en fournissent des preuves incontestables: & c'est une vérité indubitable, & autorisée par l'Ecriture-Sainte. C'est le fondement de notre Religion, & l'objet de toutes nos espérances. Voilà donc un être spirituel créé, qui jouit d'une perfection infinie; pourquoi l'espace ne pourroit-il pas avoir aussi une propriété infinie? Et il me paroît hors de doute que sa durée sera infinie.

§. CLXXVII. Il s'est trouvé de grands Philosophes, qui, reconnoissant que l'espace est infini, & considérant en même-tems que Dieu est un Etre infini, doué d'une infinité de perfections, se persuadant aussi que l'étendue doit être mise au rang des perfections, ont établi que cette étendue convenoit à Dieu; &, comme l'Ecriture-Sainte nous apprend que tout est en Dieu, & que la raison nous dicte que les corps sont dans l'espace, ils ont dit que cet espace infini étoit l'immensité de Dieu; que c'étoit de cette maniere que Dieu se trouvoit par-tout, & occupoit tout en lui-même. Tout subtil que soit ce raisonnement, il est exposé à de grandes difficultés. 1°. Quoique l'espace ait du rapport avec Dieu, particulierement en ce qu'ils sont l'un & l'autre infinis, il ne s'ensuit pas pour cela qu'on doive les regarder tous deux comme une même chose; car l'espace a aussi du rapport avec les corps, en ce qu'ils sont étendus, quoiqu'il y ait de la différence entr'eux. C'est ainsi que notre ame ressemble à Dieu, en ce qu'ils sont des esprits, & qu'ils pensent tous deux; mais ils different l'un de l'autre, en ce qu'ils ne pensent pas de la même maniere: pareillement donc de ce que l'espace est infini, ainsi que Dieu, il ne s'ensuit pas qu'on doive regarder l'espace comme un des attributs de Dieu. 2°. S'il n'y avoit point de corps, l'espace ne seroit pas absolument nécessaire, à en juger par les connoissan-

ces que nous avons de ses avantages ; au lieu qu'on ne peut reconnoître en Dieu aucun attribut qui ne soit absolument nécessaire. 3°. On ne reconnoît en Dieu, qui est un Etre toujours actif, que des attributs toujours actifs : or si l'espace doit être rangé parmi ses attributs, il faudra, de toute nécessité, reconnoître dans cet être un attribut passif; incapable de toute action, & de nulle intelligence; ce qui n'est pas possible. 4°. Lorsque nous considérons notre esprit, & tous ceux que nous connoissons, nous voyons manifestement que l'étendue ne peut point se ranger parmi leurs propriétés; pour quelle raison attribuerions nous donc à Dieu une telle propriété ? Il suit de ce que nous venons de dire, que la durée, ni l'espace, ne doivent point être rangés parmi les attributs de Dieu, quoique cet être persévere de toute éternité, & qu'il soit présent par-tout : mais qu'il est immense ; parcequ'il est présent dans tous les ouvrages qui sont sortis de ses mains, & qu'il veille continuellement à leur conservation.

§. CLXXVIII. Dieu est cependant dans l'espace de ce monde, il le remplit également par-tout; car il n'y a aucun endroit où il ne se trouve, & où sa présence ne soit nécessaire, pour l'entretien & la conservation de l'Univers. Si nous voulions supposer que Dieu ne se rencontrât pas dans quelqu'une des portions de l'espace, il ne seroit pas présent par-tout, ni absolument nécessaire ; car il pourroit alors, de la même maniere, ne se pas trouver dans quelqu'autre partie de l'espace, ni ensuite dans une autre partie voisine, & ainsi de suite : ensorte qu'enfin il pourroit entierement être hors de l'espace. Il s'ensuivroit donc de-là, que l'espace pourroit subsister par lui-même : ce qui est absurde ; puisque par-là on fait la créature indépendante, & que d'ailleurs on bannit la *toute-présence* de Dieu. Il faut par conséquent établir, que Dieu est présent par-tout, & qu'il se trouve dans tout l'espace, par sa vertu & par ses opérations ; entretenant & remplissant toutes choses. Mais comment est-ce que Dieu remplit l'espace ? comment conserve-t-il tous les corps, lui qui est un esprit dépourvu d'étendue ? C'est ici où notre esprit s'arrête. Nous disons tous en bégayant, que cela ne se fait pas de la même maniere que lorsque nous, ou les autres corps, remplissent une place ; mais que cela arrive d'une façon qui nous est inconnue, & qui convient à Dieu. Ainsi nous avouons qu'il n'y a rien que nous comprenions moins que la présence de Dieu par-tout; quoiqu'il n'y ait cependant rien que nous voulions reconnoître & recevoir plus volontiers, en soumettant notre entendement à l'autorité de la révélation (1).

(1) Deuteronom. cap. 4. v. 39. cap. 10. v. 14. Lib. 1. Reg. cap. 8. v. 27. Psalm. 139. v. 7. 8. Jeremiæ, cap. 23. v. 23. 24. Acta Apost. cap. 7. v. 48. cap. 17. v. 24. 27. 28.

CHAPITRE IV.

Du Lieu, du Tems, & du Mouvement.

§. CLXXIX. On distingue deux especes de *lieu*, l'un, qu'on appelle *absolu*, & l'autre, qu'on nomme *relatif*. Le *lieu absolu* est une portion de l'espace de l'Univers, laquelle est remplie par les corps; cette espece de lieu ne peut être déterminée. En effet, supposons un seul corps A, placé dans l'espace infini; on ne peut absolument définir, ni la place qu'il occupe, ni la situation dans laquelle il est. On ne peut point dire, qu'il soit à droite, à gauche, au-dessus, au dessous, antérieurement, postérieurement, &c; puisque toutes ces différentes situations ne sont telles, que par comparaison avec d'autres corps. Et comme dans ce lieu infini il n'existe aucun corps auquel le corps A puisse être rapporté, on ne peut point déterminer un *lieu absolu*. On ne peut pas dire que le *lieu* soit la superficie intime qui enveloppe les corps; car des solides égaux occupent toujours des lieux égaux: tandis que leurs superficies peuvent être inégales, eu égard à la différence qui peut se trouver dans leurs figures. L'étendue d'un pied cubique est constamment la même, en quelques parties que ce corps soit divisé: la superficie d'un pied cube, est de six pieds quarrés; mais si ce cube est divisé en deux parties, par une section parallele à ses côtés, la superficie des deux parties sera de huit pieds quarrés; & elle augmentera de plus en plus, si on pousse la division plus loin. On ne peut pas dire non plus que le lieu soit la situation d'un corps; car la situation, à proprement parler, ne peut être, ni plus, ni moins grande, & elle est plutôt un mode du lieu, que le lieu lui-même: si l'espace avoit des parties, on pourroit dire que le *lieu absolu* d'un corps, seroit la partie de l'espace qu'il occuperoit.

§. CLXXX. Le *lieu relatif* est une certaine situation où un corps se trouve par rapport à d'autres corps avec lesquel on le compare. Souvent nous connoissons le *lieu relatif* d'un corps, en comparant la situation de ce corps par rapport à notre propre corps, & nous disons qu'il est placé à notre droite, à notre gauche, devant nous, ou derriere nous, &c.

§. CLXXXI. Le *lieu relatif* d'un corps peut donc rester le même, quoique son lieu absolu vienne à changer. Cela arrive lorsque plusieurs corps conservent entr'eux le même rapport de distance, la même situation, & qu'ils sont tous mus en même-tems, de la même maniere, & comme s'ils ne faisoient qu'une seule & même masse. Quelquefois il arrive que certains corps, demeurant constamment dans la même place, d'autres changent de place; dans cette hypothese les premiers conservent leur même *lieu absolu*, tandis que les autres en changent: & les uns & les autres ne sont plus dans le même *lieu relatif*.

§. CLXXXII. On diftingue le *tems* en deux efpeces; favoir, le *tems abfolu* & le *tems relatif*.

Le *tems abfolu*, qu'on appelle tems *vrai* & *mathématique*, eft celui qui coule également, qu'on ne confidere qu'en lui-même, fans aucun rapport à quoi que ce foit d'extérieur: on le nomme encore *durée*; parceque les chofes fe fuccedent également dans leur durée, & que cette fucceffion eft exempte de toute interruption. On peut concevoir le *tems abfolu*, en faifant attention aux exiftences des chofes qui fe fuivent continuellement, comme dans une file, & fans aucune intermiffion.

§. CLXXXIII. Nous ne pouvons pas avoir de mefure exacte du *tems abfolu*; parceque nous ne pouvons raffembler dans notre idée la fucceffion des exiftences paffées, ni les comparer avec les exiftences préfentes: & c'eft pour cela que cette efpece de tems ne peut nous être de quelqu'utilité.

§. CLXXXIV. Le *tems relatif*, *apparent* & *vulgaire*, eft cette durée fenfible que nous connoiffons, & que nous mefurons par le mouvement de quelques corps. Cette mefure eft fort incertaine; parceque le mouvement des corps n'eft pas toujours également rapide. Elle eft encore incertaine; parceque le mouvement eft quelque chofe de bien différent de la durée: ces deux chofes n'ont de fimilitude entr'elles, que parcequ'elles font l'une & l'autre fucceffives; néanmoins, au défaut d'un meilleur moyen qui puiffe tomber fous les fens, on mefure affez bien le *tems*, par le mouvement. C'eft de-là que les hommes ont eu recours au mouvement apparent du foleil, de la lune, des étoiles fixes, comme à une chofe fenfible, propre à leur repréfenter, autant que faire fe peut, les différens périodes de la durée. De là l'intervalle qu'on obferve entre le lever & le coucher du foleil, mefure la longueur du *jour*; & du coucher au lever du même aftre, on compte la durée de la *nuit*. Le tems qui s'écoule, pour que le foleil puiffe revenir au même point de l'écliptique, & par conféquent pour qu'il décrive tous les degrés de ce cercle, fe nomme *année*. D'autres, faifant attention au mouvement de la lune, ont donné le nom de *mois* à la durée qui fépare une nouvelle lune d'une autre; d'autres comptent les jours par la révolution des étoiles fixes, & ils appellent un jour, le tems qu'une étoile fixe emploie pour revenir au même point: d'autres ont recours à d'autres mouvemens, ou à quelques phénomenes, pour déterminer la durée.

§. CLXXXV. Si on connoiffoit des corps dont le mouvement fût uniforme, j'avoue que leurs mouvemens feroient un moyen propre à mefurer la durée; mais il n'en eft pas ainfi: tous les corps qui fe meuvent, tant ceux qui tombent, que ceux qu'on jette, & ceux qui font quelques révolutions; tous ces corps fe meuvent d'un mouvement inégal & non uniforme. Quelque foin que le plus habile horloger puiffe prendre, il ne parviendra pas à conftruire une montre, dont le mouvement foit parfaitement régulier pendant l'efpace d'une année: on n'obferve aucune planete qui fe meuve d'un mouvement conftamment uniforme autour du foleil. On regarde ordinairement le mouvement de la terre fur fon axe, comme un des plus uniformes qu'on connoiffe; mais il n'eft pas encore démontré que ce mouvement foit parfaitement uniforme. On peut donc faire ufage de ce mouvement pour

mesurer la durée ; mais non pas d'aucun mouvement qui soit retardé, ou accéléré.

§. CLXXXVI. Il suit manifestement de ce que nous venons de dire, que le *tems* n'est pas un être réel, ni corporel ; & qu'on ne peut point le regarder comme un intervalle, quelque petit qu'on le suppose, dans la succession ou la durée des choses qui se succedent, comme quelques Philosophes, tant anciens que modernes, l'ont imaginé.

§. CLXXXVII. L'ordre des différentes parties du *tems* est quelque chose d'immuable ; celle qui doit être la derniere, ne peut point devenir la premiere, ni prendre la place d'aucune autre, qui doive tenir le milieu entre la premiere & la derniere : chaque chose arrive dans son tems, quant à l'ordre, selon lequel chaque chose se succede.

§. CLXXXVIII. Concevons un point mathématique, qui avance continuellement & également ; ce point décrira une ligne droite : cette ligne peut nous représenter le *tems*, ou au moins sa mesure ; car sa longueur peut représenter la somme de tous les instans du tems : cette ligne peut, ainsi que le *tems*, être divisée en un nombre infini de parties ; c'est pourquoi nous nous servirons souvent d'une ligne pour désigner le *tems*.

§. CLXXXIX. Le *mouvement* d'un corps en général ne peut pas être défini exactement, à moins que nous ne concevions plusieurs parties dans l'espace : mais comme nous avons démontré ci-dessus (§. 166.), que l'espace n'avoit point de parties, il est constant que les parties que nous supposerions, ne seroient qu'imaginaires. Nous appellons *mouvement absolu* d'un corps, la suite continuelle de l'existence d'un corps dans diverses parties imaginaires de l'espace, qui sont contiguës les unes aux autres ; ou bien le transport d'un mobile, d'une partie de l'espace à celle qui l'avoisine : ou le transport d'un mobile d'espaces en espaces. Cette définition convient encore au mouvement d'un mobile qui se meut circulairement autour de son axe ; car, quoique toute la masse de ce mobile ne s'avance pas d'espaces en espaces, néanmoins chacune de ses parties passe successivement d'un espace à l'espace voisin, compris dans la partie sphérique de celui que ce mobile embrasse dans son mouvement. On pourra encore concevoir le mouvement, de cette maniere ; soient deux corps A & B, en repos, l'un à côté de l'autre, ou dans un même lieu : tandis que B reste en repos, que A s'éloigne de B, & que, par cet éloignement, il naisse une distance entre A & B ; alors on concevra que A est en mouvement. Dans cette hypothese, l'éloignement de A à B, n'est autre chose que le transport du mobile A, de la portion de l'espace qu'il occupoit dans celles qui sont immédiatement adjacentes. C'est en cela que consiste le véritable mouvement d'un corps, que nous pourrions connoître, ainsi que sa vîtesse, si les portions de l'espace tomboient sous les sens, ou si la terre étoit en repos ; mais comme ce globe parcourt continuellement une partie de son orbe elliptique, nous ne pouvons pas connoître clairement & manifestement le mouvement des corps terrestres : & c'est de là que les Philosophes ont prudemment distingué trois especes de mouvemens. 1°. Le *mouvement absolu*, dont nous avons apporté la définition ; 2°. le mouvement *relatif commun* ; 3°. le *mouvement relatif propre*.

§. CXC. On appelle mouvement *relatif commun*, celui d'un corps qui, étant emporté avec d'autres, reſte en repos par rapport à eux ; mais qui change de place à chaque inſtant avec eux, en paſſant ſucceſſivement par les différentes parties imaginaires de l'eſpace. Un Pilote éprouve un pareil mouvement quand il ſe tient en repos au gouvernail d'un vaiſſeau qui eſt à la voile, ou qui eſt tiré. Tel eſt encore le mouvement de toutes les parties qui ſont en repos ſur la ſurface de notre globe, qui ſe meut continuellement ſur ſon axe, & qui eſt emporté autour du ſoleil : Tel eſt pareillement un poiſſon mort, qui eſt entraîné par le courant de la riviere.

§. CXCI. On appelle *mouvement relatif propre*, l'application ſucceſſive d'un corps à diverſes parties de tous ceux qui l'environnent, ou qui le touchent. Il en eſt ainſi du mouvement de tous les corps qui ſe meuvent ſur notre globe : lorſque je jette une boule ſur un plan, elle ſe trouve ſucceſſivement placée ſur les différentes parties de ce plan. Il en eſt encore de même d'un homme qui marche dans une allée plantée d'arbres.

§. CXCII. On appelle *repos abſolu* le ſéjour d'un corps dans la même portion de l'eſpace de l'Univers.

§. CXCIII. Il ſuit de cette définition, que c'eſt une propriété du repos, que les corps qui ſont en repos ſoient en repos entr'eux : mais comme l'eſpace n'eſt pas un être ſenſible, & que les portions que nous lui ſuppoſons ſont imaginaires, on ne peut pas ſavoir ſi les corps en repos demeurent conſtamment dans les mêmes portions de l'eſpace. Il peut ſe faire qu'un corps ſoit en repos dans la région des étoiles fixes, ou dans une autre région plus éloignée ; mais on ne peut ſavoir, en comparant la ſituation des corps qui ſont placés dans nos régions, ſi quelques-uns d'eux conſervent ou non leur poſition par rapport à ceux qui ſont placés dans les régions éloignées dont nous venons de parler : c'eſt pourquoi on ne peut pas définir le repos par la ſituation des corps entr'eux.

§. CXCIV. Le *repos relatif* eſt la même ſituation d'un corps à l'égard de tous les autres qui l'environnent : c'eſt ainſi que la terre eſt en repos, par par rapport à l'atmoſphere qui l'enveloppe : c'eſt ainſi que repoſent tous les corps qui ſont placés ou implantés ſur la ſurface de notre globe : tel eſt encore le repos de tous les corps qui ſont ſolidement renfermés dans d'autres corps, de quelque façon qu'ils ſoient ſitués, & qu'ils y ſoient contenus. De-là un corps peut être en repos relativement, & ſe mouvoir tout-à-la fois d'un mouvement commun relatif.

§. CXCV. Il peut ſe faire qu'un corps paroiſſe mû d'un mouvement relatif propre, quoiqu'il ſoit cependant dans un repos abſolu. Suppoſons que la terre ſoit en repos, & qu'un vaiſſeau faiſant voile d'Orient en Occident, le Pilote, étant en repos à la proue, jette une pierre d'Occident en Orient, qui aille avec autant de vîteſſe que le vaiſſeau même, cette pierre paroîtra, à celui qui ſera dans le vaiſſeau, ſe mouvoir, d'un mouvement propre ; mais celui qui ſera ſur le rivage, & qui la conſidérera, verra cette même pierre en repos : & elle ſera effectivement dans un repos abſolu ; puiſqu'elle ſera ſuſpendue dans la même portion de l'eſpace de l'Univers. Comme cette pierre eſt paſſée d'Orient en Occident, à l'aide du mouvement du vaiſſeau, & qu'elle eſt pouſſée, avec la même vîteſſe, d'Occident en Orient, par la

force de celui qui la jette, il faut que les deux mouvemens, qui sont égaux & opposés, se détruisent mutuellement, & laissent par conséquent cette pierre dans un repos absolu : c'est pourquoi nous jugeons qu'il sera à propos de regarder toujours le mouvement comme absolu.

§. CXCVI. Les Philosophes disputent entr'eux, pour savoir si le repos est quelque chose de positif, ou seulement une simple privation de mouvement? Cette dispute tire son origine de ce qu'on trouve dans les corps qui sont en repos une force que nous avons appellée ci-dessus, *force d'inertie*; & c'est de là qu'on a cru qu'il y avoit quelque chose de positif dans les corps qui sont en repos : car si un corps en repos est frappé par un autre, qui lui communique, par exemple, un degré de mouvement, il ne résiste pas moins que s'il étoit muni d'un degré de mouvement, & qu'il fût heurter contre un obstacle qui lui fît perdre le mouvement dont il jouiroit : mais nous avons déja fait voir (§. 115.), que cette résistance ne se décéloit pas moins dans les corps en repos, que dans ceux qui sont en mouvement; de sorte qu'elle ne doit pas être regardée comme une force propre aux corps en repos : c'est pourquoi le repos n'est qu'une simple privation de mouvement. Car si on suppose qu'un corps soit en mouvement, & que Dieu ne fasse autre chose que de le priver de ce même mouvement, il restera alors en repos, sans qu'il lui arrive rien de réel.

§. CXCVII. Un corps est en repos sans que le secours d'aucune force lui soit appliqué ; c'est-à dire, sans qu'aucune puissance extrinseque, ou intrinseque, agisse, ou ait agi contre lui : outre cela un corps est en repos, lors même que plusieurs puissances égales, & diamétralement opposées les unes aux autres, agissent sur lui de toutes parts.

§ CXCVIII. Il n'y a point de degrés dans le repos absolu ; tout corps qui est en repos, ne repose, ni plus, ni moins.

§. CIC. Tout corps qui est en repos, demeure constamment dans cet état, en vertu de sa force d'inertie ; & il ne commence jamais à se mettre en mouvement de lui même ; il ne se meut qu'autant qu'on supprime les obstacles qui s'opposoient à son mouvement, ou qu'autant que quelques causes étrangeres lui communiquent le mouvement qu'il n'a pas.

§. CC. Tout corps en mouvement est réduit au repos ; 1°. s'il se meut sur un plan qui soit inégal & raboteux ; 2°. si on le jette de-bas en-haut, la gravité, qui agit en sens contraire, lui fait perdre son mouvement ; 3°. s'il se meut dans l'air, ou dans tout autre milieu résistant ; 4°. s'il rencontre en son chemin un grand nombre de corps, ou de très gros corps qui soient en repos, ou qui se meuvent selon une direction contraire à la sienne.

§. CCI. Un corps qui est en mouvement, passe d'un lieu dans un autre : cette translation est un effet réel, qui exige une force réelle dans le mobile : c'est cette force, ou cette puissance qui met le corps en mouvement : de-là tout ce qui est capable de communiquer du mouvement à un corps, & de le faire passer d'un lieu dans un autre, ou de procurer à un mobile la faculté de mouvoir d'autres corps, est une force véritable.

§ CCII. Mais si on nous demande ce que c'est que cette force, si c'est un être physique, si c'est une substance immatérielle, qui ne jouisse d'aucunes des propriétés de la matiere, comme quelques Physiciens modernes

l'ont avancé ; si c'eſt, comme *Cronland* l'a prétendu, une idée qui eſt premierement conçue dans notre ame, qui en découle, qui ſe communique enſuite aux corps, & qui paſſe de l'un dans l'autre ; ſi c'eſt une propriété inhérente aux corps ? C'eſt ce qu'on ne peut pas concevoir clairement, ou ce qu'on ne peut démontrer ſolidement : & il convient mieux d'avouer ici notre ignorance & notre peu de capacité, que d'aſſurer pour certaine une choſe qui eſt incertaine, & qui eſt encore au delà des bornes de nos connoiſſances.

§. CCIII. Nous ne pouvons nous empêcher d'expoſer ici les différentes idées que les méditations des Philoſophes ont fait naître ſur cette matiere. 1°. Ou il réſide dans les corps en repos une force d'inertie qui ne produit point ſon effet, ſans qu'elle ſoit excitée, & elle ne peut être excitée que dans quelques circonſtances particulieres que font naître l'approche des corps, & alors elle produit ſon effet. 2°. Ou il y a une force infuſe dans les corps, dont l'intenſité eſt infinie : cette force maîtriſe continuellement les corps en repos, & agit ſur eux en toutes ſortes de ſens ; mais à la rencontre, & par le choc de quelques autres corps, le mobile, qui étoit en repos, eſt dirigé efficacement vers un point déterminé : & par ce moyen, la force qui réſide dans ce corps, le tranſporte d'un lieu dans un autre. 3°. Ou la force qui réſide dans un corps en mouvement vient d'une cauſe extérieure, matérielle, ou non matérielle ; cette force paſſe de cette cauſe dans le mobile, qui, la recevant, ſelon différente quantité, eſt mu avec plus ou moins de vîteſſe. Telles ſont les différentes idées que cette queſtion a fait naître. Mais ne nous effrayons pas de tant de ſubtilité ; puiſque perſonne encore ne ſait ce que c'eſt que cette force, qu'elle ne peut tomber ſous les ſens, & par conſéquent qu'on ne peut point démontrer, comme il conviendroit, aucune des propoſitions que nous venons de rapporter ; & c'eſt pour cela que nous n'en embraſſerons aucune. Mais comme les effets des forces motrices, ſavoir, les différens mouvemens des corps, tombent ſous nos ſens, & ſont ſoumis à nos obſervations, nous nous bornerons à de ſimples obſervations, ſans nous attacher à aucune opinion.

§. CCIV. Tout mouvement quelconque, quelque rapide qu'il ſoit, ſe fait dans un tems ; & il eſt impoſſible qu'aucun mouvement puiſſe ſe faire dans un ſeul inſtant : en effet, pour que le mobile A parcoure la ligne A B, [*Tab.* 2. *fig.* 11.], lorſqu'il paſſe du point A au point C, il faut qu'il s'écoule un certain tems ; c'eſt encore la même choſe pour qu'il parcoure l'eſpace C D ; il emploie encore néceſſairement un certain tems pour arriver de D en E, de E en F, & enfin de F en B.

§. CCV. On a coutume de ſe repréſenter un corps comme un point : lorſqu'il ſe meut, il parcourt une ligne, qu'on nomme droite, ſi le mouvement de ce corps eſt ſimple : de-là un corps, animé d'un mouvement ſimple, décrit un ligne droite, tant que ſon mouvement eſt ſimple. La production d'un mouvement ſimple n'exige qu'une ſeule puiſſance. Si un corps, muni d'un mouvement ſimple, ſe meut dans le vuide, il continuera toujours à ſe mouvoir en ligne droite ; parceque, dans le vuide, on ne trouve, ou du moins on ne conſidere aucun obſtacle qui puiſſe changer la direction d'un mobile qui s'y meut. Quoiqu'un corps, animé d'un mouvement ſimple, décrive une ligne droite, il ne faut pas croire pour cela, que tout corps qui ſe meut

en ligne droite ne soit animé que d'un mouvement simple. Nous ferons voir dans le Chapitre XI, que souvent un mobile qui se meut en ligne droite, est doué d'un mouvement composé.

§. CCVI. Quelques Philosophes divisent le *mouvement simple*, en *mouvement direct*, & en *mouvement réfléchi*. Le mouvement direct, est celui d'un corps qui se meut du point A au point D [*Tab*. 2. *fig*. 12.]; le mouvement réfléchi, est celui par lequel le mobile, étant porté du point A au point D, retourne de ce même point D au point A, ou à tout autre point, tel que Z ou Y. Quelques savans Physiciens ont encore ajoûté une troisieme espece de mouvement, qu'ils ont appellé *mouvement réfracté*. Ce mouvement a lieu lorsqu'un mobile, décrivant une ligne, quitte cette ligne pour en décrire une seconde, qui fait angle avec la premiere; cet angle est souvent un angle obtus: comme il arrive lorsqu'un rayon de lumiere passe obliquement de l'air dans un autre fluide transparent. Mais ce mouvement doit, sans contredit, être considéré comme composé.

§. CCVII. La ligne que le mobile décrit, ou parcourt, est aussi appellée l'*espace parcouru*.

§. CCVIII. La direction d'un mobile s'exprime par une ligne droite, qu'on conçoit partir du mobile au point de sa destination, soit qu'il y parvienne, soit qu'il fasse effort pour y parvenir: d'où il suit que les directions ne sont autre chose que la disposition des espaces que le mobile parcourt, ou qu'il parcourroit.

§. CCIX. Si l'on conçoit un corps, non comme un point, mais comme étendu, tel qu'il est en effet, & composé de parties qui soient adhérentes les unes aux autres, & qu'il vienne à être mu d'un mouvement simple; ce mouvement se distribuera également dans toutes les parties du corps.

§. CCX. C'est pourquoi on peut concevoir la quantité du mouvement aussi divisible que le corps auquel elle appartient, & elle sera distribuée à toutes les parties du corps, proportionnellement à leur grandeur, c'est-à-dire, à leur masse.

§. CCXI. Il suit de-là que la quantité du mouvement dépend de toutes les parties d'un mobile qui se meuvent en même-tems, en tant que toutes ces parties conspirent au même mouvement. Elle dépend aussi de la vîtesse du mobile; de sorte que la quantité de mouvement d'un mobile est en raison composée, de la grandeur & de la masse du mobile, de sa vîtesse & du tems.

§. CCXII. Si le corps A, étant mis en mouvement, parcourt en un moindre tems le même espace que le corps B parcourt; ou qu'il parcourt, dans le même tems que B, un plus grand espace: on dit alors que le corps A se meut plus vîte, & que le corps B se meut plus lentement.

§. CCXIII. Cette affection d'un mobile, en vertu de laquelle il parcourt un certain espace, dans un tems donné, se nomme *vîtesse*. Il n'y a aucun mouvement sans vîtesse; elle est indéterminée par elle-même, & elle ne peut être déterminée que par la considération de l'espace que le mobile parcourt, & du tems qu'il met à le parcourir.

§. CCXIV. La vîtesse d'un corps, restant la même, l'espace qu'il parcourt croît comme le tems. De-là, si on multiplie la vîtesse d'un mobile, par le

tems qu'il emploie à ſe mouvoir, le produit donnera l'eſpace qu'il aura parcouru; & ſi on diviſe l'eſpace parcouru, par le tems qu'il aura employé à le parcourir, le quotient exprimera la vîteſſe. Enfin ſi on diviſe l'eſpace par la vîteſſe du mobile, on aura le tems pendant lequel il aura parcouru l'eſpace.

§. CCXV. On doit conſidérer la vîteſſe d'un mobile comme une eſpece de grandeur, une quantité; car elle peut être plus grande, plus petite, & elle eſt ſuſceptible d'être augmentée à l'infini. Le corps A, par exemple, peut parcourir un pied dans une heure; il peut parcourir le même eſpace dans $\frac{1}{60}$, ou dans $\frac{1}{3600}$ partie d'une heure; & pour lors la vîteſſe de A, dans la derniere hypotheſe, ſera 3600 fois plus grande que dans la premiere, & ſeulement 60 fois plus grande dans le ſecond cas que dans le premier.

§. CCXVI. Puiſque les vîteſſes ſont de véritables grandeurs, on peut donc les repréſenter par des lignes droites; & on pourra les repréſenter de la même maniere que les nombres : ce qui ne ſera pas d'un petit avantage pour la ſuite; puiſqu'une ligne qui déſignera le tems, pourra être multipliée par une autre ligne qui exprimera la vîteſſe : d'où il réſultera un rectangle, dont la ſurface repréſentera l'eſpace parcouru.

§. CCXVII. Plus un corps a de vîteſſe, & moins il emploie de tems pour parcourir le même eſpace; au contraire, plus ſa vîteſſe eſt petite, & plus il lui faut de tems pour parcourir le même eſpace : de-là ſi on donne à deux corps le même eſpace à parcourir, leurs vîteſſes ſeront entr'elles en raiſon inverſe des tems.

§. CCXVIII. Si un corps, doué d'un mouvement ſimple, ſe meut dans le vuide, il ſe mouvera toujours avec la même vîteſſe, & ſelon la même direction qu'il aura reçue lorſqu'on l'aura mis en mouvement; & il parcourra des eſpaces égaux dans des tems égaux.

En effet tout corps, en vertu de ſon *inertie*, perſévere dans l'état où on le met; & comme on ne ſuppoſe pas qu'il puiſſe ſe trouver dans le vuide aucun obſtacle, il faut néceſſairement que le mobile y conſerve ſa vîteſſe, & s'y meuve ſelon la même direction. C'eſt ſur ce principe qu'eſt fondée la premiere loix du mouvement de *Newton*. *Tout corps perſévere dans ſon état de repos ou de mouvement, uniformément en ligne droite, à moins que des cauſes étrangeres ne l'obligent à changer l'état dans lequel il ſe trouve.* On doit cette loi à des obſervations que nous avons continuellement ſous les yeux; on obſerve en effet qu'un corps en mouvement perſévere dans ſon mouvement, & ſuit conſtamment la même direction, & qu'il ne paſſe de l'état du mouvemennnt à celui du repos, que lorſqu'il rencontre quelqu'obſtacle qui s'oppoſe à ſon mouvement, & qui le détruiſe.

§. CCXIX. Cette eſpece de mouvement, ſe nomme *mouvement égal* ou *uniforme* : c'eſt la véritable meſure de la vîteſſe du mobile; car, pour en découvrir la quantité, il faut faire attention à l'eſpace qu'un mobile parcourt d'un mouvement uniforme dans un tems donné.

§. CCXX. Lorſqu'un corps eſt mu d'un *mouvement uniforme*, & qu'il reçoit un nouveau mouvement, ſuivant la même direction, il parcourt, dans le même tems, plus d'eſpace qu'auparavant; l'augmentation de l'eſpace que

le mobile parcourt, eſt toujours proportionnée à l'augmentation de la vîteſſe : on donne à cette eſpece de mouvement, le nom de *mouvement accéléré.*

§. CCXXI. Si un corps, qui ſe mouvoit d'abord d'un mouvement uniforme, perd continuellement une partie de ſon mouvement, il avancera plus lentement, & parcourra, dans un tems égal, un plus petit eſpace qu'auparavant; la diminution de l'eſpace qu'il parcourra en tems égal, ſera proportionnelle à la perte de la vîteſſe. Cette eſpece de mouvement eſt connu ſous le nom de *mouvement retardé.* Tous les corps qui ſe meuvent dans l'air, dans l'eau ou dans tout autre fluide, ſe meuvent d'un mouvement retardé, auſſi-bien que ceux qui ſe meuvent ſur un plan inégal & raboteux.

§. CCXXII. Si un corps, qui ſe mouvoit d'abord avec un mouvement uniforme, reçoit, dans des tems égaux, des accroiſſemems égaux de mouvement, on appellera ce mouvement, un *mouvement uniformément accéléré.* Tel eſt le mouvement des corps graves qui tombent vers le centre de leur gravitation.

§. CCXXIII. Mais ſi un corps, mû d'une vîteſſe uniforme, perd, dans des tems égaux, une quantité égale de vîteſſe, on donnera à ce mouvement le nom de *mouvement uniformément retardé.* Tel eſt le mouvement des corps qu'on fait mouvoir de bas en-haut, contre la direction de leur gravité. On donne auſſi, en général, aux mouvemens accélérés & retardés, le nom de *variables.*

§. CCXXIV. Le mouvement *accéléré* ou *retardé* peut-être conſidéré comme compoſé de pluſieurs *mouvemens uniformes*, qui s'exécutent tous dans un tems infiniment petit; mais il faut auſſi conſidérer pour lors, qu'au commencement de chaque inſtant infiniment petit, la vîteſſe du mobile eſt augmentée ou diminuée, & que cette vîteſſe, telle qu'elle eſt au commencement de chaque inſtant, perſiſte pendant cet inſtant; car, pendant châque inſtant infiniment petit, le mobile parcourt un eſpace quelconque. Pluſieurs de ces eſpaces, comparés entr'eux, peuvent bien être différens les uns des autres; mais chacune des parties d'un même eſpace, eſt parcourue également.

§. CCXXV. Dans le *mouvement uniformément accéléré*, les vîteſſes croiſſent comme les tems : en effet, le mobile, ayant une certaine vîteſſe dans le premier inſtant, cette vîteſſe, étant repréſentée par 1, la vîteſſe du ſecond inſtant ſera égale à 2; celle du troiſieme inſtant à 3 : & par conſéquent, de même que la ſomme des inſtans eſt à la ſomme des vîteſſes, de même le premier inſtant eſt à la premiere vîteſſe : d'où il ſuit que la vîteſſe eſt toujours comme le tems pendant lequel le mobile ſe meut.

§. CCXXVI. On appelle *mouvemens conſpirans*, ceux dont les directions concourent à porter le mobile au même point, ou au moins dont les directions ſont paralleles entr'elles, & tendent vers le même endroit.

§. CCXXVII. On appelle *mouvemens contraires*, ou *directement oppoſés*, ceux dont les directions ſont directement oppoſées, & qui tendent à porter le mobile vers deux points diamétralement oppoſés l'un à l'autre.

§. CCXXVIII.

§. CCXXVIII. Lorſqu'on compare deux mobiles, qui ſe meuvent d'un mouvement uniforme, on obſerve ce qui ſuit.

Si les vîteſſes des deux corps ſont égales, les eſpaces parcourus ſeront à raiſon des tems : ainſi, appellant les vîteſſes V, v, les eſpaces S, s, & les tems T, t, on aura la proportion ſuivante, $S:s::T:t$. Les Mathématiciens expriment ainſi ce rapport, $S = T$; c'eſt-à-dire, l'eſpace eſt comme le tems : car le ſigne $=$ ne ſignifie pas ici égalité ; mais rapport.

§. CCXXIX. Si les vîteſſes des deux corps ſont inégales, & que les tems ſoient égaux, les eſpaces parcourus ſeront comme les vîteſſes, & on aura $S:s::V:v$, ou $S = V$; c'eſt-à dire, l'eſpace eſt comme la vîteſſe.

§. CCXXX. Si les vîteſſes & les tems ſont inégaux, les eſpaces parcourus ſeront en raiſon compoſée des raiſons des vîteſſes & des tems ; c'eſt-à-dire, ſeront comme les produits qui naîtront de la multiplication du tems par la vîteſſe ; & on aura $S:s::VT:vt$.

§. CCXXXI. Il ſuit de-là que la raiſon des tems eſt compoſée de la raiſon directe des eſpaces, & de la raiſon réciproque des vîteſſes ; car ſi on a $Svt = sVT$, on aura $T:t::Sv:sV$; & on aura encore $V:v::St:sT::\frac{St}{Tt}:\frac{sT}{Tt}::\frac{S}{T}:\frac{s}{t}$, c'eſt-à-dire, que les vîteſſes ſeront en raiſon directe des eſpaces, & en raiſon réciproque des tems, ou comme les eſpaces diviſés par leurs tems ; & par conſéquent, en ſuppoſant les eſpaces égaux, les vîteſſes ſeront en raiſon réciproque des tems ; & on aura $V = \frac{1}{T}$.

§. CCXXXII. Si les eſpaces parcourus par deux corps, ſont en raiſon réciproque des tems, les vîteſſes de ces corps ſeront en raiſon réciproque du quarré des tems ; car ſi on a la proportion $S:s::t:T$, & que d'ailleurs $S = VT$. $s = vt$, on pourra ſubſtituer à S, s, VT, vt ; & on aura alors $VT:vt::t:T$; & par conſéquent on aura $VTT = vtt$, & conſéquemment $V:v::tt:TT$, en conſervant toujours la même hypotheſe (1). Les vîteſſes ſeront en raiſon réciproque du quarré des eſpaces ; car puiſqu'on a $S:s::t:T$, on aura $ST = st$. Mais $T:t::SV:sv$; par conſéquent ſi on ſubſtitue à T, t, leur valeur ; ſavoir, s, S, on aura $s:S::SV:sv$, & conſéquemment $SSV = ssv$. Et ſi on met ces égalités en proportion, on aura $V:v::ss:SS$.

§. CCXXXIII. Si les tems pendant leſquels deux corps ſe ſont mûs, ſont comme leurs vîteſſes, les eſpaces qu'ils auront parcourus ſeront comme le quarré des tems. En effet, ſi on a $T:t::V:v$, puiſque $S = VT$ & $s = vt$, on aura $\frac{S}{T} = V$, & $\frac{s}{t} = v$, & par conſéquent $T:t::\frac{S}{T}:\frac{s}{t}$; ou $TT:tt::$

(1) Il ſe trouve ici une erreur qui eſt d'autant plus de conſéquence, qu'elle eſt répétée en pluſieurs endroits. Comme cette faute ne me paroît point devoir être rejettée ſur l'Editeur, je n'ai point voulu la corriger dans le texte. On pourra l'éviter par-tout où elle ſe trouvera, à l'aide de ce qui ſuit.

Dans la même hypotheſe, l'on peut dire auſſi que les vîteſſes ſont en raiſon directe des quarrés des eſpaces ; car $ST = st$: puiſque $S:s::t:T$. Mais $T:t::Sv:sV$, par l'équation générale. Donc en ſubſtituant ; la proportion $S:s::t:T$ deviendra $S:s:$ $V:$ Sv ; d'ou l'on tire $SSv = ssV$, & $V:v::SS:ss$.

S : s, on aura encore $\frac{S}{V} = T \cdot \frac{s}{v} = t$, & par conféquent $\frac{S}{V} : \frac{s}{v} :: V : v$. ou S : s :: VV : vv.

§. CCXXXIV. Si les efpaces parcourus font en raifon inverfe des vîteffes; alors les tems font en raifon directe des quarrés des efpaces, ou en raifon inverfe des quarrés des vîteffes. En effet fi S : s :: v : V, on aura S V = s v ; mais S = V T, & s = v t : par conféquent, en fubftituant à la place de S, s ; V T, v t, on aura T V V = t v v. Et en ordonnant ces produits en proportion, on aura T : t :: v v : V V ; mais comme S = V, & s = v, à la place de V, v, on peut prendre $\frac{S}{T}$, $\frac{s}{t}$, & on aura $S \times \frac{S}{T} = s \times \frac{s}{t}$, & par conféquent on aura t S S = T s s ; donc T : t :: S S : s s.

§. CCXXXV. Si on fait attention aux grands corps qui font partie de l'Univers & qui le compofent, on obfervera que tous ces corps font doués d'un mouvement très rapide ; comme il paroît manifeftement par les planetes qui fe meuvent continuellement fur leur axe, & qui, outre cela, font emportées autour du foleil : ce mouvement rapide s'obferve encore dans les planetes fecondaires, qui fe meuvent autour de la planete à laquelle elles appartiennent, & qui, outre cela, font des révolutions continuelles, ainfi que leur planete principale, autour du foleil. Le foleil lui-même fe meut fur fon axe. Nous allons expofer, dans la Table fuivante, les mouvemens des différens corps dont nous venons de parler.

Les planetes font leur révolution fur leurs axes en tant de

	jours,	heures	minutes,
Le Soleil	25	6.	
Mercure.			
Venus	23	8.	
La Terre		23	56.
La Lune	27	7	43.
Mars	1	0	40.
Jupiter	0	9	56.

Saturne, ainfi que Mercure, ne font pas encore déterminés.

Elles font leurs révolutions autour du Soleil en tant d'

	années.	jours.	heur.	min.	fec.
Saturne	29	167	20.		
Jupiter	11	314	10.		
Mars	1	301	23.		
La Terre	1	0	5	48′	47″.
Venus	0	224	16.		
Mercure	0	87	23.		

Les Satellites de JUPITER font leur révolution autour de leur planete en tant de

	jours.	heures.	minutes.		
1	1	18	28	35″	56‴.
2	3	13	17	53	45 (1).
3	7	3	59	35	55.
4	16	16	32.		

Les Satellites de SATURNE font leur révolution autour de SATURNE en tant de

	jours.	heures.	minutes.
1	1	21	19.
2	2	17	41.
3	4	13	47.
4	13	22	41.
5	79	22	4.

Les cometes sont douées d'un mouvement très rapide ; & il paroît que les étoiles fixes ne sont point immobiles. L'observation nous fait voir que la grandeur apparente de ces étoiles n'est pas constamment la même pendant le courant de l'année : qu'il y en a quelques-unes qui disparoissent presque de dessus notre horison, & quelques autres qui viennent s'y présenter. L'étoile qu'on remarque à la queue de la grande Ourse, descend tous les ans de 18″, par rapport à la précession des équinoxes ; mais le mouvement propre de cette étoile, en latitude, est de deux minutes dans l'espace de 50 ans (2). Il n'est pas nécessaire de rapporter ici un plus grand nombre d'observations, qui confirmeroient la même chose. Tout ce qui existe dans la Nature est doué de quelque mouvement.

§. CCXXXVI. Le mouvement dont nous venons de parler (§. 235), & qui se trouve dans les grands corps, est toujours le même ; il a pour premiere cause l'Etre suprême, qui, après avoir créé ces masses, & les avoir placées dans le lieu où elles doivent être, leur a imprimé une force projectile considérable, pour les faire mouvoir en ligne droite, & leur a donné une très foible tendance pour se porter au centre du soleil. L'Auteur de la Nature a imprimé un même mouvement, ou au moins un autre à-peu-près semblable aux autres astres ; mais leur distance immense de notre globe, fait que nous ne pouvons guere bien distinguer le mouvement qui les anime.

§. CCXXXVII. Une seconde cause du *mouvement commun*, que nous

(1) Selon l'observation de Wargentin, dans les Actes d'Upsal. ann. 1749, pag. 40 ; ou selon les Mém. de l'Acad. de Berlin, ann. 1755. Observ. de Barros.

(2) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1743, pag. 69. Bradley an a Letter to the Earl of Macclesfield, p. 40. D'Alembert, sur la précession des Equinoxes.

remarquons dans tous les corps qui font partie du fyftême planétaire, ou cométaire; c'eft la gravité qui produit du mouvement, tant dans les corps céleftes, que dans les corps terreftres: un corps élevé à quelque diftance quelconque au-deffus de la furface de la terre, & abandonné à lui même, tombe, en vertu de fa pefanteur, vers le centre de la terre. Les planetes & les cometes, en vertu de la même force, tendent conftamment au centre du foleil; mais elles en font retirées par leur force centrifuge: & en vertu de ces deux forces combinées enfemble, elles décrivent des ellipfes autour du foleil. Cette gravitation univerfelle, qui maîtrife toutes les planetes, & qui fait qu'elles tendent toutes les unes vers les autres, & vers le foleil, eft la caufe de ce mouvement autour de leur centre de gravité, que nous remarquons dans le foleil auffi bien que dans les planetes & dans les cometes; de forte que la fituation du foleil ne demeure pas conftamment la même. Pareillement lorfque la lune tourne autour de la terre, le centre commun de gravité de ces deux corps ne demeure pas conftamment dans le plan de l'écliptique; puifque le plan de la lune coupe l'écliptique fous un angle de 5 degrés: bien plus, cette gravitation refpective, qu'on remarque entre la terre & la lune, eft caufe que la terre s'écarte quelquefois de l'écliptique de 1 m'', & 15 m''', felon la fupputation d'*Euler* (1).

Comme la terre eft ovale, tandis que la lune parcourt l'orbe de la terre, & que fes nœuds parcourent l'orbite de la lune; alors la gravitation de la lune vers la terre, dans le tems périodique des nœuds, fait que la terre paroît balancer d'une quantité plus ou moins grande, & que les étoiles fixes paroiffent décliner plus ou moins (2): car le balancement de la terre eft de 18 m'', & fon période répond parfaitement à la révolution des nœuds de la lune, qui eft de 19 années, ainfi que *Bradley* l'a confirmé par plufieurs obfervations. Le plan de l'orbite de la lune fe trouve quelquefois plus incliné au plan de l'équateur que dans un autre tems; & cet excès d'inclinaifon va jufqu'à 10 degrés.

Les fatellites de Jupiter & de Saturne ont une tendance vers Jupiter & Saturne, pareille à celle que nous obfervons entre la lune & la terre: on obferve bien plus, que les cometes font maîtrifées par l'attraction de Jupiter & de Saturne, lorfqu'en parcourant leurs courbes, elles fe trouvent à la proximité de ces deux planetes. Quoique l'attraction que tous les corps exercent les uns fur les autres fe manifefte plus fenfiblement à de petites diftances, que lorfqu'ils font très éloignés les uns des autres, elle ne devient jamais nulle pour cela à de grandes diftances; puifque l'attraction de Saturne fe fait fentir fur le foleil, & que bien plus les cometes qui font à de plus grandes diftances du foleil, & qui ne décrivent leur orbite qu'une fois en cinq fiecles, font encore maîtrifées par l'attraction du foleil: ce qui prouve qu'à toute diftance quelconque, quelque grande qu'on la fuppofe, l'attraction fe fait fentir; & c'eft pour cette raifon que nous l'avons rangée parmi les propriétés générales de la matiere.

§. CCXXXVIII. La troifieme caufe du mouvement paroît être une fa-

(1) Hift. de l'Acad. de Berlin, vol. 1 pag. 38. (2) Bradley in a Letter to the Earl of Macclesfield.

culté de notre ame & de celle des animaux ; car l'expérience journaliere nous apprend que l'animal qui eſt en ſanté, & qui n'eſt point empêché par un obſtacle inſurmontable, peut, ſelon ſes deſirs, exciter & produire du mouvement dans toutes les parties de ſon corps. L'homme marche, court au gré de ſes deſirs ; les animaux en font autant : ils volent, ils nagent, ils rampent, & meuvent les différentes parties de leurs corps. Quoiqu'on ne puiſſe démontrer de quelle maniere l'ame agit ſur les parties du corps qui lui ſont ſoumiſes ; puiſque nous ne connoiſſons pas aſſez la nature de ces deux eſpeces de ſubſtances (l'ame & le corps), ni de quelle maniere elles ſont unies entr'elles, & comment elles agiſſent l'une ſur l'autre : néanmoins le ſentiment intérieur nous apprend que l'ame agit ſur le corps, lorſqu'elle dirige à ſon gré les mouvemens des pieds & des mains. On reconnoît encore outre cela une autre cauſe du mouvement dans les parties de l'animal vivant, & même de celui qui eſt mort depuis peu de tems ; & cette cauſe ſe nomme l'*irritabilité*. L'*inſtinct* produit encore pluſieurs mouvemens dans tous les animaux ; mais on ne connoît point encore aſſez ces deux dernieres cauſes, pour vouloir en expliquer le méchaniſme.

§. CCXXXIX. La quatrieme cauſe du mouvement, ſont les vertus électrique, magnétique, les attractions, & les répulſions ; vertus qui ſont toutes différentes les unes des autres.

§. CCXL. La cinquieme cauſe du mouvement, eſt l'élaſticité qui ſe manifeſte dans les corps élaſtiques qui ſont comprimés ou diſtendus. Cette force peut produire beaucoup de mouvement ; comme on peut l'obſerver dans les billes élaſtiques qu'on choque, & qui reprennent leur premiere figure ; dans les cordes de muſique, qu'on bande & qu'on pince ; dans les cloches, qu'on frappe. Tous ces corps conſervent, pendant long-tems, les vibrations qu'on excite dans leurs parties. On remarque le même phénomene dans les fluides élaſtiques, qui, lorſqu'on les comprime, ſe reſſerrent dans un plus petit eſpace ; mais ſe développent auſſi tôt que la force compreſſive ceſſe d'agir ſur eux.

§. CCXLI. La ſixieme cauſe du mouvement, eſt un corps qui ſe meut, & qui communique du mouvement à un autre corps qu'il rencontre & qu'il frappe ; comme il paroît lorſqu'une bille de billard en rencontre une autre, & qu'elle la frappe, ou lorſqu'un liquide qui coule en rencontre un autre, ou un ſolide, comme il arrive lorſque le courant d'un fleuve, ou le vent, heurte contre les vannes d'une roue de moulin.

§. CCXLII. Une ſeptieme cauſe du mouvement, eſt l'action du feu, ſoit ſolaire, ſoit terreſtre, qui ébranle les parties, tant des corps ſolides, que des fluides ; de là les corps qui ſont embraſés, éclatent avec bruit & ſont diſperſés : les fluides ſont convertis en vapeurs.

§. CCXLIII. On doit encore regarder la putréfaction, la fermentation, l'effervefcence, la végétation, & les diſſolutions, comme une huitieme cauſe du mouvement.

§. CCXLIV. Je ne doute nullement qu'il n'y ait encore beaucoup d'autres cauſes du mouvement, que nous ne connoiſſons pas, mais qu'un examen plus réfléchi ſur les phénomenes de la Nature fera connoître à ceux

qui viendront après nous : peut être en exiſte-t-il encore pluſieurs, que leur délicateſſe dérobe, & dérobera toujours à nos recherches.

§. CCXLV. De quelque cauſe, parmi celles qui ſont connues, que naiſſe le mouvement, il paroît toujours ſuivre les mêmes loix qu'il ſuivroit s'il étoit produit par une preſſion, ou par une percuſſion ; d'où il ſuit, que ſi on traite, comme il convient, des loix de la preſſion & de la percuſſion, on aura traité au moins, quant à leurs effets, des loix de toutes les autres cauſes du mouvement connues juſqu'à préſent, juſqu'à ce que l'on ſoit parvenu à la connoiſſance de celles que nous ignorons. Il paroît par-là que les Philoſophes ſont encore bien éloignés d'avoir découvert la véritable explication de tous les phénomenes qui ſe préſentent à nos recherches.

CHAPITRE V.

Des puiſſances qui compriment, ou des preſſions.

§. CCXLVI. UNE *puiſſance qui comprime*, eſt la force d'un corps qui agit ſur un autre, ou qui le meut, ou qui fait effort pour le mouvoir ; d'où il paroît que cette puiſſance eſt propre à produire du mouvement.

§. CCXLVII. Tout ce qui réſiſte à une puiſſance qui comprime, ſe nomme *obſtacle*.

§. CCXLVIII. Tant que l'obſtacle, qu'une puiſſance comprime, ne cede point à ſon effort, & n'abandonne pas le lieu qu'il occupe, ni ne change point de figure, la preſſion de la puiſſance eſt regardée comme nulle, & eſt détruite par la réſiſtance de l'obſtacle : dans ce cas, il ſe fait une action ſans mouvement, ou une action dans le lieu ; puiſque la puiſſance agit réellement en faiſant un effort continu, tandis qu'elle preſſe, mais l'effet de la réſiſtance eſt de détruire ou d'empêcher celui de la preſſion.

§. CCXLIX. La puiſſance qui comprime, comme nous venons de l'expoſer (§. 248.) demeure conſtamment dans le même lieu, indépendamment de ſon action, & par conſéquent reſte en repos ; & parceque l'obſtacle que cette puiſſance comprime demeure auſſi dans le même lieu, il reſte auſſi en repos. Cela arrive 1°. lorſque des hommes, ou des animaux vivans, preſſent avec leurs mains, leurs jambes, ou avec tout leur corps, d'autres corps qu'ils s'efforcent de mouvoir hors de leurs places. 2°. Cela arrive encore lorſqu'un corps grave s'appuie ſur un autre corps ; le premier preſſe celui ſur lequel il s'appuie, lors même que celui-ci eſt ſoutenu. 3°. La force élaſtique d'un reſſort bandé & courbé entre deux autres corps, produit le même effet ; ce reſſort tend à ſe débander, & comprime les deux corps qui s'oppoſent au développement de ſon reſſort. 4°. La vertu magnétique preſſe deux corps l'un contre l'autre, de la même maniere que s'ils étoient comprimés l'un contre l'autre par une force extérieure.

§. CCL. Les obſtacles réſiſtent à l'effort qu'on fait contre eux, par leur inertie, leur grandeur, leur fermeté, leur poids, &c.

§. CCLI. Lorſqu'une puiſſance, par ſa preſſion, produit du mouvement, l'obſtacle qui cede alors à ſon effort, ſe met en mouvement; & le mouvement qu'on remarque dans cet obſtacle, eſt l'effet de la puiſſance qui le comprime.

§. CCLII. Nous ne parlerons ici que de la preſſion qu'une puiſſance exerce dans un tems infiniment petit, contre un obſtacle qui lui réſiſte par ſon inertie, & qui néanmoins eſt mis en mouvement par cette preſſion.

§. CCLIII. Un obſtacle qui eſt mis en mouvement par une puiſſance qui le comprime, peut différer de pluſieurs manieres; ſavoir, par ſa grandeur, par la vîteſſe, ou par l'eſpace qu'il parcourt dans un tems donné : le mouvement qu'il reçoit, eſt l'effet que produit la puiſſance ſur lui; & c'eſt l'effort que fait cette puiſſance contre cet obſtacle, qui eſt la cauſe de cet effet : or comme tout effet eſt néceſſairement proportionnel à ſa cauſe, on connoîtra l'action de la puiſſance qui meut un corps, par la grandeur de ce corps, & par l'eſpace qu'il parcourra dans un tems donné.

Quelques Philoſophes aiment mieux juger de l'action d'une puiſſance qui met un corps en mouvement, par la ſeule vîteſſe que cette puiſſance communique au mobile; &, ne conſidérant que la preſſion momentanée, ils appellent la vîteſſe qui en réſulte, *vîteſſe initiale*, ou *élémentaire*. Cette façon d'évaluer une puiſſance, conduit aux mêmes concluſions que celle que nous venons d'annoncer. On peut parfaitement réuſſir de pluſieurs manieres, & on peut parvenir au même but par différentes voies. Si on appelle une puiſſance P, & l'effet qu'elle produit E, en répétant pluſieurs fois P, & exprimant ce nombre de fois par m; on aura $m P = m E$.

§. CCLIV. Lorſqu'on ne peut pas juger de la grandeur d'une preſſion, il en faut comparer deux enſemble; ces deux preſſions peuvent alors agir ſur des obſtacles égaux ou inégaux : elles peuvent les mouvoir avec une vîteſſe égale ou inégale.

§. CCLV. Si deux puiſſances, agiſſant l'une & l'autre contre deux obſtacles égaux, leur impriment, à l'un & à l'autre, la même vîteſſe, alors l'action de ces deux puiſſances ſera égale; puiſqu'elles produiront alors des effets égaux: & les effets, étant proportionnels à leurs cauſes, ces cauſes ſeront entr'elles comme leurs effets, c'eſt-à-dire, égales.

§. CCLVI. Si deux puiſſances, agiſſant contre des obſtacles inégaux, leur impriment la même vîteſſe, les efforts de ces puiſſances ſeront entr'eux comme la grandeur des obſtacles contre leſquels elles auront agi. Appellons P, p les efforts de ces puiſſances; nommons O, o les obſtacles, & les eſpaces parcourus dans le même tems S, s : l'action de la puiſsance P ſera à celle de l'autre puiſsance $p :: OS : os$; & comme les eſpaces S, s ſont égaux, on aura $P : p :: O : o$.

§. CCLVII. Si deux puiſsances qui compriment font mouvoir deux obſtacles égaux, de façon qu'ils parcourent des eſpaces inégaux dans le même tems; leurs actions ſeront entr'elles comme les eſpaces parcourus par les obſtacles : les actions ſont conſtamment comme les effets qui ſont produits dans des tems égaux; & dans l'hypotheſe préſente, les effets ſont

comme les eſpaces parcourus par des obſtacles égaux. Prenant ces obſtacles pour des unités, on aura la proportion ſuivante, P : p : : O S : o s : : S : s. Si on a donc deux obſtacles égaux, A & B, que l'un des deux, B, parcourt un eſpace double de celui que A parcourt dans le même tems, la réſiſtance que B apportera, par ſon inertie, ſera double de celle de A : & conſéquemment l'action de la puiſſance qui a mis B en mouvement par ſa preſſion, a dû être double de celle qui a mis en mouvement A.

§. CCLVIII. Si deux obſtacles inégaux ſont mus avec des vîteſses inégales, les efforts des puiſsances comprimantes ſeront entr'elles en raiſon compoſée des eſpaces parcourus, & de la grandeur des obſtacles; & on aura P : p : : O S : o s.

§. CCLIX. Mais ſi on a P : p : : O S : o s, on aura P o s = p O S; & en ordonnant les deux égalités en proportion, on aura O : o : : P s : p S; c'eſt-à-dire, les obſtacles ſeront en raiſon directe des actions des puiſsances, & en raiſon inverſe des eſpaces qu'ils auront parcourus.

§. CCLX. Si on ſuppoſe que les efforts de deux puiſsances ſoient égaux, & que les obſtacles ſoient inégaux, les grandeurs des obſtacles ſeront en raiſon inverſe des eſpaces. En effet, l'action de chaque puiſſance, étant exprimée par P & p, qu'on ſuppoſe égaux; on aura pareillement O S = o s (§. 258.), & par conſéquent O : o : : s : S.

§. CCLXI. Il ſuit de là, qu'en ſuppoſant égales les puiſsances qui compriment; plus les obſtacles ſeront grands, & plus les eſpaces parcourus ſeront petits : & au contraire, plus les obſtacles ſeront petits, & plus les eſpaces ſeront grands.

§. CCLXII. Lorſque les grandeurs des obſtacles ſeront en raiſon inverſe des eſpaces parcourus, les actions des puiſsances ſeront égales : en effet, lorſqu'on aura O : o : : s : S, on aura O S = o s; mais O S exprime l'action de la puiſsance P.

§. CCLXIII. Si on diviſe les actions des puiſsances par la grandeur des obſtacles, le quotient donnera les eſpaces parcourus; ſi on prend, pour diviſeur, les eſpaces, le quotient exprimera les obſtacles: car puiſque l'action de la puiſsance = O S, on aura $\frac{OS}{O} = S$, & $\frac{OS}{S} = O$.

§. CCLXIV. Nous allons maintenant parler des puiſsances qui ſe preſsent en ſens contraire. Si deux puiſsances égales ſe preſsent mutuellement en ſens contraire, ces deux puiſsances reſteront en équilibre, & elles demeureront en repos; puiſque l'effort de l'une détruira celui de l'autre, tant qu'elles agiront ainſi l'une contre l'autre. C'eſt ainſi qu'une quantité infinie de preſſion, ou d'action, peut périr dans la Nature. Cet effet ſe remarque manifeſtement dans deux athletes égaux en forces, & qui luttent l'un contre l'autre : dans ce cas, on remarque le même effet que nous avons indiqué (§. 248). Mais il n'en eſt pas de même quant à l'action; car (§. 248) l'obſtacle, par ſa réſiſtance ſeule, détruiſoit l'action de la puiſſance : mais dans l'hypotheſe préſente, il y a une véritable réaction; puiſqu'autant une des deux puiſsances agit contre l'autre, autant cette derniere réagit contre la premiere. On pourroit même concevoir un corps placé entre ces deux puiſſances; ce corps ſeroit également preſsé à droite & à gauche, & il ſe

mouveroit

mouveroit également vîte d'un côté que d'un autre, si ces deux puissances agissoient séparément contre lui : mais comme il se trouve, par l'hypothese, entre deux forces qui le pressent également de part & d'autre, il demeure en repos, aussi-bien que les puissances qui agissent contre lui.

§. CCLXV. Supposons maintenant un point pressé par deux puissances qui agissent en sens contraire; si ce point, pressé séparément par ces deux puissances, ne recevoit pas la même vîtesse de l'une & de l'autre, il est constant que ces deux puissances n'agiroient pas également contre ce même point; & que par conséquent, agissant ensemble, elles ne se détruiroient point tout-à-fait mutuellement.

§. CCLXVI. Si on suppose plusieurs points qui résistent différemment; de sorte, qu'étant pressés, ils parcourent des espaces qui soient en raison réciproque des résistances; alors des puissances différentes en grandeur pourront produire des pressions égales : car les résistances ne different aucunement de la grandeur des obstacles; puisqu'elles suivent exactement la raison de cette grandeur. Ainsi nommant les résistances R, r, & prenant ces résistances pour les obstacles O, o, on aura les pressions P : p : : R S : r s. Or si R : r : : s : S, on aura R S = r s; & conséquemment P = p. Mais pour qu'on puisse concevoir comment des puissances de différentes grandeurs peuvent presser également, concevez un ressort d'acier, pesant 10 livres, qui soit peu tendu, & qui presse le point R; concevez pareillement un autre ressort du poids d'une livre, qui soit fortement tendu, & qui presse le point r : que le plus grand de ces deux ressorts soit nommé P, & le petit p; il est constant que ces deux ressorts peuvent produire des effets de pressions qui soient égaux & qui donnent R S = r s, & conséquemment, R : r : : s : S.

§. CCLXVII. Si les grandeurs des puissances sont en raison inverse des espaces, que différens points contre lesquels elles agiroient parcourroient dans le même tems, les pressions de ces puissances seront égales; & si elles agissent en sens contraire, elles se détruiront mutuellement; si P : p : : s : S, en supposant les points égaux R = r, on aura R s = r S; & conséquemment P : p : : R s : r S. Mais si R s est opposé à r S, il est constant qu'ils se détruiront mutuellement; & par conséquent si P est opposé à p, ils se détruiront aussi.

§. CCLXVIII. Si deux puissances agissent & se pressent en sens contraire, & qu'une des deux soit supérieure à l'autre, leurs actions seront inégales; celle de la puissance victorieuse sera plus grande, & conséquemment celle de l'autre puissance sera plus petite. Supposons maintenant qu'une action égale à celle de la plus petite de ces deux puissances périsse, la plus forte de ces deux puissances maîtrisera alors la plus petite, par l'excès de force qu'elle aura sur elle.

§. CCLXIX. Avant de passer à l'examen du mouvement des corps, nous allons exposer les loix du mouvement que *Newton* nous a transmises. Nous avons déja exposé la premiere de ces loix (§. 218.) : voici la seconde, que nous devons à des observations constantes. » Tout changement qui arrive » dans un corps qui est en mouvement, est toujours proportionnel aux for- » ces motrices qui l'animent, & ce changement se fait toujours dans la li- » gne droite, selon laquelle les forces agissent ».

Quand on imprime de nouvelles forces, selon la même direction, à un corps qui est déja en mouvement, le mouvement de ce corps s'accélere. Lorsqu'on lui communique de nouvelles forces en sens contraire, alors son mouvement devient retardé; lorsqu'on lui communique de nouvelles forces, selon une autre direction que celle qu'il suit, il se meut alors selon une autre ligne: & on ne peut pas dire que le nouveau mouvement qu'on lui imprime, détruise le mouvement dont il jouissoit auparavant, si les directions ne sont point opposées. Si deux corps viennent à se choquer, & que l'un des deux soit en repos, ou qu'ils soient tous les deux en mouvement; autant l'un des deux aura communiqué à l'autre de degrés de forces, autant le premier de ces deux corps en aura perdu.

§. CCLXX. La troisieme loi du mouvement, selon *Newton*, est celle qui suit: » La réaction est contraire & égale à l'action; c'est-à-dire, aucun » corps ne peut exercer son action contre un autre, qu'il n'éprouve une ré- » sistance égale à son action: & l'action & la résistance se dirigent toujours » en sens contraire ». En effet aucune puissance ne peut déployer son action sans qu'elle agisse contre un obstacle qui lui résiste. Si la puissance qui comprime vient à bout de mouvoir l'obstacle, cet obstacle oppose son inertie à cette puissance, & réagit contre elle; la force qu'il reçoit est proportionnelle à l'effort qu'il éprouve, & au mouvement que la puissance perd par sa pression: car, quoique l'obstacle soit en mouvement, il n'en déploie pas moins son inertie contre la puissance qui l'anime. Si l'effort de la puissance s'exerce de gauche à droite, l'obstacle résiste de droite à gauche. La résistance est toujours égale à l'inertie; & si l'effort de la puissance est supérieur à la force d'inertie, le mobile se meut par l'excès de l'effort de la puissance. Un corps dont le poids est d'une livre, est en équilibre par une puissance dont l'effort est pareillement d'une livre; & l'équilibre n'est rompu, & conséquemment le corps d'une livre n'est élevé que par la supériorité de force qu'exerce une puissance dont l'effort est de plus d'une livre.

§. CCLXXI. Tout effet naturel, produit par une seule puissance, ou par le concours de plusieurs puissances, est toujours produit par la plus petite action possible; car tout effet naturel dépend immédiatement de Dieu, ou des causes secondes qu'il a créées: or la puissance & la sagesse du Créateur, étant absolues & infinies, il n'est pas possible, ou que les effets qu'il produit immédiatement, ou que les causes secondes qu'il a établies pour les produire, ne produisent ces effets avec la plus petite action possible. S'il en étoit autrement, tout ce qu'on remarqueroit dans la puisance de supérieur à l'effet, seroit inutile, & ne contribueroit en rien à la production de cet effet: or un ouvrier infiniment intelligent, & doué d'une sagesse infinie, ne peut rien produire, ni même imaginer qui soit superflu & inutile; tout ce qu'il fait, ou tout ce qu'il a fait, est toujours produit selon les loix de la plus exacte économie: c'est pourquoi, lorsque j'éleve le bras jusqu'à une certaine hauteur, les muscles élévateurs, qui produisent ce mouvement, sont insérés dans la partie convenable de l'humérus, pour qu'ils puisent produire cet effet par le plus petit effort requis; & leur action seroit plus grande dans l'hypothese que je viens de faire, si on supposoit qu'ils fusent insérés, ou plus près de la tête de l'humérus, ou en un endroit plus éloigné que celui où

ils s'attachent. Pareillement les planetes décrivent leurs orbes autour du ſoleil, en vertu de la force qui les maîtriſe, & qui eſt autant petite qu'elle puiſse être; cette force ſeroit plus grande, ſi les planetes ſe mouvoient plus rapidement, ou ſi elles avoient à parcourir des orbes plus grands.

CHAPITRE VI.

De la force des corps qui ſont en mouvement.

§. CCLXXII. C'EST aujourd'hui une grande queſtion entre les Philoſophes; ſavoir, comment on doit ſupputer la force des corps qui ſont en mouvement. *Ariſtote* (1) autrefois, après lui *Gallien* (2) & *Borelli* (3), diſtinguoient la preſſion du choc. Le P. *Merſenne* paroît être un des premiers qui ait examiné la valeur d'un choc, en laiſsant tomber un corps grave, de différentes hauteurs, ſur un des baſſins d'une balance, & en mettant dans l'autre baſſin de la balance différens poids, juſqu'à ce que le corps, par ſa chûte, ne pût plus faire trébucher la balance. L'expérience fit voir à cet habile Phyſicien, que le choc étoit proportionnel au poids du corps choquant & à ſa vîteſse. (4) *Gaſſendi* embraſsa l'opinion du P. *Merſenne* (5), *Riccioli* (6), *Delanis* (7), & pluſieurs modernes furent auſſi de cet avis. *Riccioli* cependant auroit dû s'éloigner de ce ſentiment, s'il avoit voulu conclure d'après les expériences qu'il fit. Il prit un poinçon de fer qu'il enfonça dans du beurre, & laiſsa tomber ſur la tête de ce poinçon une boule de bois, qu'il élevoit à différentes hauteurs. Or il eſt conſtant que les réſultats de ces expériences ne donnent point la proportion que nous avons indiquée ci-deſſus, & que la force du corps choquant, à en juger par les différentes profondeurs ſelon leſquelles le poinçon s'enfonce dans le beurre, n'eſt point en raiſon compoſée de la maſse & de la vîteſse du corps choquant. Après les tentatives qu'on avoit faites, & que nous venons de rapporter, il s'éleva une diſpute entre *Hughens* & *Catelan*, ſur le centre d'oſcillation (8), qui donna lieu aux Phyſiciens d'examiner de plus près le ſentiment qu'on avoit embraſsé ſur la force de la percuſſion, & qu'on eſtimoit alors par la maſse & la vîteſse du corps choquant. *Hughens* ſoutenoit » que c'étoit une loi conſ» tante de la Nature, que les corps doivent garder leur force aſcenſionnelle, » & que pour cela la ſomme des quarrés de leurs vîteſses doit demeurer la » même (9) ».

(1) Mechan. Quæſt. 20. (2) Mechan. Dial. 4. (3) De vi percuſſionis, Prop. 90. (4) Réflexion Phyſ. Math. c. 8. (5) Epiſt. ad Gazreum. (6) Almageſt, Lib. 9. ſect. 4. p. 393. (7) Magiſter. Nat. & Artis, vol. 1. tract. 3. cap. 2. p. 160. (8) Journ. des Sav. ann. 1682. Hugenii opera varia.

(9) La force aſcenſionnelle, dont parle *Hughens*, n'eſt autre choſe que la force qu'un

Leibnitz, qui étoit si recommandable en Physique & en Mathématiques, examina avec soin cette maniere d'estimer les forces (1), & crut qu'il falloit distinguer deux especes de forces; les unes, qu'il nommoit *mortes*, & les autres, qu'il appelloit *vives*. Il entendoit par des forces *mortes*, celles que nous avons indiquées sous le nom de puissances qui compriment; & par *forces vives*, celles qui animent les corps qui se meuvent librement. Il jugea que les forces mortes étoient en raison composée de la masse & de la vîtesse; mais que les forces vives suivoient la raison composée de la masse & du quarré de la vîtesse. Plusieurs grands Mathématiciens, *Joh. Bernouilli* (2), *Herman* (3), *Wolf* (4), *Poleni* (5), *Bulfinguer* (6), *s'Gravesande* (7), & plusieurs autres Savans, embrasserent l'opinion de *Leibnitz*, & la confirmerent par différentes preuves qu'ils imaginerent. Plusieurs Physiciens d'un mérite distingué, *de Mairan* (8), *Jurin* (9), *Maclaurin* (10), *Desaguilliers* (11), & beaucoup d'autres encore, firent tous leurs efforts pour faire valoir l'ancienne méthode d'estimer la force des corps en mouvement; & ils ajoûterent, aux preuves qui lui servoient de fondement, des raisonnemens très subtils, & des argumens très solides. Le savant *de Turre* fut aussi de l'avis de ces derniers (12). Il faut donc examiner, avec toute l'attention possible, une question sur laquelle les plus savans Physiciens ne s'accordent pas, & ne pas juger témérairement & avec précipitation.

§. CCLXXIII. Si un corps, placé dans le vuide, est pressé par une puissance selon une direction quelconque, ce corps se mouvera dans cette direction, & conservera toujours la même vîtesse qu'il aura reçue de la puissance qui l'aura pressé.

§. CCLXXIV. Mais si la puissance qui presse est constituée de telle maniere, qu'elle continue de presser le corps selon la même direction, la vîtesse du mobile augmentera, & elle acquerra de nouveaux degrés d'accroiss-

pendule composé acquere, par sa chûte, en vertu de laquelle, lorsqu'il est parvenu au point le plus bas de sa suspension, il remonte, en décrivant en sens contraire, un arc qu'il a parcouru en descendant. On peut consulter à cet égard les remarques que M. *Hughens* a publiées sur une Lettre de M. le Marquis de l'*Hopital*, qui, d'après le récit que M. *Bernouilli* avoit donné de la dispute entre M. *Hughens* & M. l'Abbé *Catelan*, embrassa la regle que M. *Hughens* avoit indiquée, touchant le centre d'oscillation des pendules composés.

(1) Acta Liepsiens. ann. 1686, 1687, 1690, 1691, 1695.

(2) Differt. ann. 1727. Acta Liepf. ann. 1735. Commercium Epist. Tom. 1. epist. 21, pag. 108.

(3) Phoronomia, pag. 119. Comment. Petropol. v. 1.

(4) Mechanica, cap. 7. §. 325.

(5) De Castellis aquarum, §. 119. Epist. ad Ant. Comitem de Comitibus.

(6) Comment. Petropol. v. 1.

(7) Hist. Litter. ann. 1722, p. 1. & 190. Element. Physicæ, Edit. 3.

(8) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1728. Differt. sur la mesure des forces motrices.

(9) Differt. physicomath. Diss. 9. Philos. Transf. n. 476. §. 14.

(10) Teatise of Fluxions Book 1. ch. 12. p. 427. Account. of Newtons. Discover; Book. 2. ch. 2.

(11) Course of Experiment. Philos. T. 2.

(12) Instit. Physiq. Sect. 4. ch. 12.

fement, tant que cette puifsance poufsera le mobile; de forte qu'il pafsera du repos, par différens degrés de vîtefse, jufqu'à ce qu'il foit parvenu à celui qu'il recevra par la derniere preffion qu'il éprouvera.

§. CCLXXV. Ce corps, qui eft mû par la puifsance qui le comprime, agit contre elle par fa force d'inertie, à proportion de celle par laquelle il eft comprimé: par le conflit de ces deux forces, il s'en engendre une dans le mobile; puifqu'il pafse par ce moyen de l'état du repos à celui du mouvement: car la force d'inertie, en réfiftant à celle qui prefse le mobile, ne détruit point cette derniere; mais elle contribue précifément à faire pafser la force de la puisfance dans le mobile, qui la conferve après qu'il l'a reçue.

§. CCLXXVI. La force qui réfide alors dans le mobile, eft, ou l'effet d'une preffion momentanée, ou l'effet de plufieurs preffions qui fe font fuivies les unes & les autres dans un tems fini: l'effet de ces forces, eft de tranfporter le corps, dans lequel elles pafsent, d'un lieu dans un autre.

§. CCLXXVII. La force qui eft produite de cette maniere dans le corps, eft quelque chofe de permanent; au lieu que la preffion qui produifoit la force s'eft évanouie en fe développant.

§. CCLXXVIII. Si une puiffance qui comprime n'agit que pendant un inftant infiniment petit, elle ne communique au corps qu'elle preffe qu'une force & une vîteffe infiniment petite, proportionnée néanmoins à fon intenfité, ou à fa grandeur. Une puiffance qui preffe un mobile pendant un tems fini & déterminé, communique, au mobile qu'elle preffe, une force & une vîteffe qui eft égale à la fomme de toutes les preffions qu'elle a déployées pendant tout le tems qu'elle a agi contre le mobile: de là fi on compare la force qu'un mobile a acquife par une preffion qu'il a fubie pendant un tems d'une certaine durée, avec celle qu'il auroit acquife par une preffion momentanée, on trouvera que la premiere de ces deux forces furpaffera autant la feconde, que la longueur du tems pendant lequel la premiere a été acquife, furpaffe la durée d'un inftant infiniment petit, tems pendant lequel la feconde de ces deux forces eft fuppofée avoir été acquife.

§. CCLXXIX. Chaque puiffance qui comprime, étant d'une grandeur déterminée, l'une plus grande, l'autre plus petite; la preffion qu'une puiffance pourra faire, fuivra la même proportion: elle fera plus grande ou plus petite; & par conféquent l'action totale d'une puiffance fuivra la raifon compofée de la grandeur de la puiffance, & du tems pendant lequel elle déploie fon action: & conféquemment l'effet qui en réfultera, fuivra la même proportion. De là la vîteffe d'un corps d'une grandeur déterminée, fera déterminée, & fa force fera pareillement déterminée.

§. CCLXXX. Si la puiffance qui agit fur un corps fe trouve hors de lui, & demeure dans le même état après qu'elle a mis ce corps en mouvement par fa preffion, elle ne peut le preffer davantage, felon la même direction; puifqu'elle ne pourroit communiquer à ce corps que la vîteffe avec laquelle il eft déja en mouvement, ayant déja déployé toute fon action contre ce mobile. Soit un obftacle fixe AS [*Tab.* 2. *fig.* 13.], foit un corps extrêmement mobile F, & un refforr BC, que je fuppofe roulé fur lui-même, tendu & fixé au point B; fi on lâche ce reffort, & qu'il vienne à fe développer, il fe

développera dans la direction BC, & portera son action sur le corps F; placé au point C : or, comme nous suppoſons ce corps extrêmement mobile, très petit & peu capable de réſiſtance, nous pouvons ſuppoſer qu'il ſe mouvera avec une vîteſſe égale à celle avec laquelle le reſſort ſe débande. Cela poſé, imaginons actuellement que le mobile F, muni de la vîteſſe qu'il vient de recevoir par le développement du reſſort, ſoit placé au point B, & que le reſſort, bandé comme précédemment, vienne à ſe développer une ſeconde fois; alors le corps F & ce reſſort parcourront l'un & l'autre la ligne B C avec la même vîteſſe : & par conſéquent le reſſort ne pourra plus agir contre le corps F & le pouſſer; puiſqu'ils ſe mouveront avec la même vîteſſe, & ſelon la même direction.

§. CCLXXXI. Mais ſi cette puiſſance externe ſe trouve diſpoſée de façon que le mobile F ſoit comme en repos à ſon égard, comme dans le (§. 273), cette puiſſance pourra encore agir ſur le corps de la même maniere qu'auparavant, & pourra par conſéquent lui communiquer la même vîteſſe que la premiere fois; de ſorte qu'il ſera néceſſaire qu'il ſurvienne une nouvelle puiſſance, qui pouſſe la premiere puiſſance avec la même vîteſſe avec laquelle le corps étoit mû par la premiere preſſion.

Soit un obſtacle immobile A S [*Tab.* 2. *fig.* 14.], & deux reſſorts égaux D B & B C, dont on ne conſidere point l'inertie, pour ſimplifier l'idée qu'on doit ſe former de leur maniere d'agir; ſoit auſſi le corps F : que le reſſort D B, étant bandé, ſoit relâché, & qu'en ſe développant il pouſſe le reſſort B C, qu'on conçoit ſans inertie, & qu'il le pouſſe avec la même vîteſſe avec laquelle on ſuppoſe que le corps F eſt mû, ce mobile F eſt alors en repos à l'égard du reſſort B C; & par conſéquent il peut être pouſſé de nouveau par ce reſſort, comme la premiere fois lorſqu'il étoit réellement en repos; de ſorte que ce mobile recevra alors un ſecond degré de vîteſse.

§. CCLXXXII. Suppoſons donc maintenant le corps F [*Tab.* 2. *fig.* 15.], muni de deux degrés de vîteſse, au moyen deſquels on imagine qu'il ſe meuve de D en C; ſi, dans le tems qu'il eſt en D, deux reſsorts, tendus au point D, ſont relâchés, le développement de ces reſsorts ne pourra communiquer aucun mouvement au mobile F; puiſqu'il ſe meut avec la même vîteſse, ſelon la direction D C, avec laquelle les deux reſsorts ſe débandent : par conſéquent, pour que le mobile F reçoive un troiſieme degré de vîteſse, il faut néceſsairement qu'il ſurvienne une troiſieme puiſsance, qui faſse que le corps F ſoit en repos à l'égard de la puiſsance B C; car B C pourra alors preſser & agir de nouveau, comme dans le premier cas : cela ſe fera ſi les deux puiſsances E D & D B pouſsent le reſsort B C avec la même vîteſse avec laquelle on ſuppoſe que F eſt mû; & alors le reſsort B C, étant tendu, & enſuite relâché, preſsera le mobile F, & lui communiquera un troiſieme degré de vîteſse.

§. CCLXXXIII. C'eſt pourquoi un corps qui eſt déja en mouvement, & qui ſe meut avec un certain degré de vîteſse, pourra accélérer ſon mouvement; ſi, tandis qu'il ſe meut, on lui communique un nouveau degré de vîteſse, à l'aide de pluſieurs puiſsances qui agiront extérieurement ſur lui. En effet, ſi un corps ſe meut avec cent degrés de vîteſse : pour qu'on lui

communique un nouveau degré de vîtefse, il ne fuffit pas de faire agir contre lui une puifsance comme 1; mais il faut nécefsairement employer le fecours de 101 puifsances extérieures, qui agifsent toutes conjointement, & qui dirigent toutes leur action contre ce mobile.

§. CCLXXXIV. Il fuit de là qu'il eft plus difficile, ou, pour mieux dire, qu'il faut employer une plus grande force pour accélérer le mouvement d'un corps, que pour le tirer de l'état du repos; puifqu'une puifsance comme 1, fuffit pour le faire mouvoir lorfqu'il eft en repos, & qu'une puifsance comme 1, ne peut pas le faire accélérer lorfqu'il eft en mouvement.

§. CCLXXXV. Il fuit encore de ce que nous venons de dire, que les puifsances qui augmentent le mouvement d'un mobile, font en même raifon que le degré de vîtefse du mobile qui eft en mouvement.

§. CCLXXXVI. D'où il paroît manifefte de conclure, qu'un mobile réfifte à l'accélération de fon mouvement, à raifon de la vîtefse felon laquelle il fe meut.

§. CCLXXXVII. Puifque la force avec laquelle une puifsance qui prefse un mobile, pafse de cette puifsance dans le mobile (§. 275), le degré de force que le mobile recevra par cette preffion, fera toujours proportionné au nombre des puifsances qui pourront, par leur action, communiquer de la force à ce mobile. De-là fi un feul refsort BC [*Tab.* 2. *fig.* 15.], agifsant feul fur le corps F, lui communique un feul degré de vîtefse, deux refsorts égaux, DB & BC, agifsant enfemble, & DB communiquant fa force au refsort BC, ce dernier imprimera deux degrés de vîtefse au mobile F. Si trois refsorts égaux, ED, DB, & BC, agifsants de concert, & felon la même direction, de façon que les deux premiers, ED & DB, impriment toute leur force au troifieme, BC, ce dernier donnera trois degrés de force & de vîtefse au mobile F; de forte qu'il ne faut pas s'imaginer que le feul refsort BC agifse folitairement dans les deux derniers cas que nous venons de fuppofer, & que la force qu'il communique au mobile F foit une force fimple.

§. CCLXXXVIII. Si les puifsances qui compriment & qui agifsent de concert, & dont nous avons parlé depuis le (§. 280 jufqu'au §. 282), fi, dis-je, ces puifsances font égales, & qu'elles agifsent fucceffivement, de forte qu'une feule agifse dans le premier inftant, deux dans le fecond inftant, trois dans le troifieme, & ainfi de fuite, les degrés d'accélération qu'elles communiqueront au mobile, feront égaux en tems égaux.

§. CCLXXXIX. Les forces qui réfident dans un corps qui fe meut librement, font en raifon doublée, ou comme le quarré de fa vîtefse.

Soit un triangle rectangle ABC [*Tab* 2. *fig.* 16.]; qu'on divife fon côté AB en parties infiniment petites & égales, AD, DF, FH, &c; que chacune de ces parties repréfente un degré de vîtefse: ainfi la premiere, AD, défignera le premier degré, DF le fecond, FH le troifieme, &c. Soit tirée la ligne DE parallele à la bafe BC; que cette ligne repréfente la puifsance qui communique au mobile le premier degré de vîtefse AD: foit encore conduite FG parallele à la bafe du triangle, & que cette ligne foit une fois plus grande que la premiere DE; alors cette ligne FG repréfentera deux puifsances qui prefsent, lefquelles, agifsant enfemble, communiqueront

au mobile, qui eſt déja en mouvement, un ſecond degré de vîteſse. Qu'on tire encore H I parallele à la baſe, & que cette ligne égale trois fois la premiere DE, cette ligne HI repréſentera trois puiſsances, qui, agiſsant de concert, communiqueront un troiſieme degré de vîteſse au mobile, qui étoit déja mû avec deux degrés. Il en ſera de même de toutes les autres lignes qu'on pourra concevoir être paralleles à la baſe, qui repréſenteront chacune pluſieurs puiſsances qui peuvent communiquer au mobile un nouveau degré de vîteſse : or toutes ces droites D E, FG, HI, &c, étant infiniment proches les unes des autres, rempliront, ſelon la doctrine de *Cavallerius* ſur les indiviſibles, tout l'aire du triangle A B C; par conſéquent ce triangle repréſentera la ſomme de toutes les puiſsances qui feront paſser le mobile du repos au mouvement, par tous les différens degrés de vîteſse déſignés ſur le côté A B, depuis le premier degré A D juſqu'au dernier R B: de-là la ſomme des puiſsances qui pourront faire paſser un corps du repos au mouvement, & qui pourront lui communiquer tous les degrés ſucceſſifs de vîteſse, depuis le premier, déſigné par A D, juſqu'à celui qui eſt exprimé par F H, ſera à la ſomme des puiſsances qui tireront un mobile du repos, & lui imprimeront tous les degrés ſucceſſifs de vîteſse depuis le premier juſqu'au dernier R B incluſivement, comme le triangle A H I, eſt au triangle A B C: or ces deux triangles ſont ſemblables; ils ſont donc par conſéquent entr'eux en raiſon doublée, ou comme les quarrés de leurs côtés homologues A H & A B, qui repréſentent les vîteſses: les puiſsances qui font paſser le mobile du repos au mouvement, en lui communiquant tous les degrés ſucceſſifs de vîteſse, depuis le premier juſqu'à A H & A B incluſivement, ſeront donc en raiſon doublée des vîteſses.

Mais nous avons déja dit (§. 287), que la force qui réſide dans un mobile étoit toujours égale au nombre des puiſsances qui avoient concouru à la lui communiquer; par conſéquent les forces d'un corps en mouvement ſont en raiſon doublée de ſes vîteſses.

§. CCXC. Le célebre Mathématicien *Joh. Bernouilli* prouve la même choſe par une autre démonſtration : ſoient deux corps inégaux, A & B [*Tab.* 2. *fig.* 17.], entre leſquels ſoit placée une ſérie de pluſieurs reſsorts; ces reſsorts, étant d'abord tendus, & enſuite abandonnés à eux-mêmes, ſe rétabliſsent dans leur premier état, & communiquent alors aux deux mobiles A & B, une vîteſse avec laquelle ils continuent à ſe mouvoir. Ces deux corps, à chaque inſtant qu'ils ſont ſoumis à l'action de ces reſsorts, ſont également preſsés; c'eſt pourquoi l'accroiſsement de vîteſse que le corps A peut acquérir pendant le tems de ſa preſſion, eſt à celle que B acquiert réciproquement, comme la maſse de B eſt à celle de A : & lorſque la reſtitution de ces reſsorts eſt ſuppoſée complette, les vîteſses de chàcun de ces deux corps, ſont entr'elles comme les différens degrés d'accroiſsement qu'elles ont reçus.

Suppoſant maintenant que la vîteſse de A = a, & que celle de B = b; on aura donc la proportion ſuivante A : B :: b : a, & par conſéquent A a = B b. Or puiſque les preſſions qui ſe développent contre ces corps commencent en même tems, & finiſsent pareillement, les tems des preſſions ſeront égaux de part & d'autre, & le centre de gravité C, demeurant en repos, on aura

aura encore cette seconde proportion C A : C B : : a : b. On doit considérer ce centre C comme un obstacle immobile, qui est pressé également par ces ressorts; c'est pourquoi ces ressorts agissent sur les corps A & B, & leur communiquent des forces qui sont proportionnelles au nombre des ressorts, c'est-à-dire : : a : b. Soient donc appellées V les forces du corps A, & v celles du corps B; on aura V : v : : a : b. Or nous avons trouvé ci-dessus que A a = B b : c'est pourquoi, en multipliant les premieres quantités avec celles-ci, qui sont égales, on conservera encore la même proportion, & on aura V : v : : A a × a : B b × b : A a a : B b b; c'est-à-dire, que les forces seront en raison composée de la grandeur des corps & des quarrés des vîtesses.

§. CCXCI. Le célebre *Leibnitz* a encore démontré la même chose, mais d'une maniere plus simple. Que deux corps égaux, A & B, soient en mouvement, les forces de ces corps seront comme les effets qu'ils produiront; les effets sont, & la longueur des espaces qu'ils parcourent, & les vîtesses avec lesquelles ils les parcourent : c'est pourquoi les forces de ces corps sont en raison composée des espaces parcourus & des vîtesses. Que les corps soient donc appellés A & B, les espaces S, s, les vîtesses V, v, les forces du corps A seront à celles du corps B : : S V : s v; mais les espaces parcourus par ces corps sont en raison composée des tems & des vîtesses. Si on nomme les tems, T, t; on aura S, : s : : T V : t v : or, en substituant ces deux derniers termes aux deux premiers, S, s, on aura la force du corps A est à celle du corps B : : T V V : t v v : en supposant les tems égaux, qu'on regardera comme des unités, on aura alors la force du corps A, est à celle de B : : V V, : v v (1), & par conséquent comme le quarré des vîtesses. On peut encore considérer les choses de cette maniere; les forces d'un corps en mouvement sont comme la quantité d'action qu'il produit; mais l'action d'un corps est composée de la grandeur du corps, de l'espace qu'il parcourt, & de la vîtesse avec laquelle il le parcourt; c'est-à-dire, l'action d'un corps en mouvement = A V S. Or comme les espaces parcourus dans des tems égaux, sont comme les vîtesses, on aura S = V, & par conséquent A V S = A V V, & par conséquent l'action du corps en mouvement = A V V (2).

§. CCXCII. Si on compare l'un avec l'autre, deux corps en mouvement, on trouvera ce qui suit. Si deux corps égaux, se meuvent avec des vîtesses inégales, leurs forces seront en raison doublée de leurs vîtesses.

§. CCXCIII. Si les vîtesses sont égales, & que la masse des corps soit inégale, leurs forces seront comme leurs masses.

§. CCXCIV. Si deux corps inégaux en masse se meuvent avec des vîtesses inégales, leurs forces seront en raison composée de la masse simple & du quarré de leurs vîtesses.

§. CCXCV. Si deux corps inégaux se meuvent avec des forces égales, les quarrés de leurs vîtesses seront en raison inverse de leurs masses. Si ces corps sont appellés A & B, que la vîtesse de l'un soit nommée a, celle de l'autre b, on aura A a a = B b b, & par conséquent A : B : : b b : a a.

(1) Commercium Epistolic. inter Leibnitium & Bernouilli. Epis. 24. p. 143.
(2) Hist. de l'Acad. de Berlin, ann. 1746, p. 290.

§. CCXCVI. L'expérience répond à ce calcul; d'où il suit que l'estimation des forces, que *Mersenne* nous a donnée est fausse. Soit un ressort d'acier A B [*Tab.* 2. *fig.* 18.], attaché à un cylindre creux F, muni d'une queue C, sur laquelle on a formé plusieurs crans; que la queue de ce cylindre passe par un trou, pratiqué dans un corps solide & fixe D E, contre lequel le ressort A B est plus ou moins bandé, & est retenu par les dentures faites sur la queue C; on suspend ce cylindre à la maniere d'un pendule, par le moyen de deux fils, & on le suspend dans une machine propre à observer ce qui arrive. Tout étant ainsi disposé, si on lâche la queue C, alors le ressort AB se débande, pousse devant lui le cylindre F, & lui fait mesurer quelques degrés, qui indiquent la vîtesse qu'il acquiert par le développement du ressort. Supposons que sa vîtesse = 10, les forces de ce cylindre seront = 100. Maintenant, par l'addition d'un poids dans ce cylindre, faisons qu'il pese le double; si on bande le ressort comme précédemment, & qu'on lâche la queue C, alors le cylindre n'aura plus qu'une vîtesse = 7, 07 degrés. Dans ce second cas, c'est encore une force comme 100 qui se communique au cylindre; mais qui, se divisant à une masse double de la précédente, fait que chaque partie n'acquere qu'une force = 50; lequel nombre exprime le quarré de la vîtesse dont la racine = 7, 07. Si le cylindre devient quatre fois plus pesant, il ne se mouvera qu'avec une vîtesse = 5 : or 5 est la racine de 25, qui, étant répété 4 fois pour chacune des parties de la masse actuelle du cylindre, = 100 degrés de force. Si les forces des corps en mouvement étoient, comme le prétend le P. *Mersenne* en raison de la masse du mobile & de la simple vîtesse, on auroit, dans le premier cas, une force = 10, semblable à la vîtesse; & cette force = 10, divisée par 2, ou distribuée à une masse double, ne devroit plus être égale qu'à 5, & par conséquent faire mouvoir le mobile avec 5 degrés de vîtesse : or comme la vîtesse du mobile, dans ce second cas, = 7, 07, si on s'en rapportoit à la supputation des Adversaires, il est constant que la force du mobile seroit = 14. Qui plus est, une force comme 10, divisée à une masse comme 4, donneroit au mobile, dans le troisieme cas, une vîtesse égale 2, 5 : or comme l'expérience démontre que dans ce cas la vîtesse = 5, la force devroit donc être = 20; & par conséquent il s'ensuivroit qu'un même ressort, également bandé, communiqueroit des forces bien différentes, ou des vîtesses tout à-fait différentes de celles que l'expérience nous fait voir qu'il communique, & qui nous démontre que, dans tous les cas que nous venons d'exposer, la force est = 100. Outre le ressort dont je viens de parler, j'en ai un autre qui communique une vîtesse = 9 à un mobile, dont la masse = 1; & dans ce cas, la force de ce mobile = 81 : puisque 81 × 1 = 81. Lorsque je mets du plomb dans le cylindre, de façon que son poids devienne 2 fois plus grand, la masse = 2; alors si je lâche le ressort, la vîtesse du poids doit être égale à $\sqrt{\frac{81}{2}} = 6, 36$: si j'ajoûte encore du plomb de maniere que le poids devienne quadruple du premier, alors la masse du mobile devient = 4, & conséquemment sa vîtesse doit être égale $\sqrt{\frac{81}{4}} = 4, 5$: or l'expérience m'a toujours donné ces résultats.

§. CCXCVII. Quoique le ressort dont nous venons de parler ne se restitue

pas dans le même tems, dans les trois expériences que nous venons de citer, il n'en arrive pas pour cela aucun changement dans le calcul que nous venons de donner.

Soit un refsort A B [*Tab.* 2. *fig.* 19.], qui foit attaché en A, à un appui ferme A D C; lorfque ce refsort eft porté du point B au point D, on le tend continuellement de plus en plus, & les forces, avec lefquelles il fait effort pour fe reftituer, augmentent à chaque point de la ligne B D qu'il parcourt: ces forces étoient nulles au point B; elles commencent à naître au point qui fuit immédiatement B, & elles font toutes acquifes au point D. Suppofons que la ligne droite D C exprime la force de ce refsort au point D; foit conduite la ligne C B, & que, fur tous les points de la ligne B D, foient abaiffées des paralleles à C D, fur la ligne C B, chacune de ces lignes repréfentera la force du refsort dans chacuns des points de la ligne D B: & conféquemment à cela, l'aire du triangle D C B repréfentera la fomme des forces; c'eft-à-dire, tout l'effort que le refsort a dû faire lorfqu'on l'a tendu de B à D, ou bien pendant le tems qu'il a employé pour pafser du point B au point D. Suppofons maintenant que ce refsort, étant lâché, revienne du point D au point B, à chacuns des points intermédiaires entre D & B, ce refsort aura la même force qu'il avoit dans chacuns de ces points, lorfqu'on le tendoit. Soit qu'il parcoure, en s'en retournant, la ligne D B, en un plus grand, ou en un plus petit tems; l'aire du triangle D B C, foit qu'il foit rectiligne, foit qu'il foit curviligne, repréfentera toujours la totalité de l'action de ce refsort; & conféquemment, quelque vîtefse dont jouifse ce refsort, pendant fa reftitution, les effets qu'il produira feront toujours les mêmes.

§. CCXCVIII. On peut encore confidérer la chofe de cette maniere. Tout l'effort du refsort eft compofé, & des forces qu'il déploie dans chaque point par lefquels il pafse pendant fa reftitution, & de la vîtefse avec laquelle il fe reftitue; & enfin du tems qu'il emploie pour fe reftituer. Suppofons que la force du refsort $= V$, fa vîtefse $= C$, & le tems $= T$; cela pofé, tout l'effort du refsort $= V \times C \times T$. Maintenant fi le même refsort fe développe avec une fois plus de vîtefse, il parcourra le même chemin dans un tems foudouble: & conféquemment tout l'effort du refsort $= V \times 2C \times \frac{1}{2}T$, dont le produit eft égal au précédent: d'où il fuit que toute l'action du refsort, dans les deux hypothefes, fera égale, ainfi que l'effet qu'il produira en fe développant; puifque l'effet eft toujours proportionné à fa caufe.

§. CCXCIX. En fuppofant maintenant que le refsort fe débande avec une force double, & qu'il parcourt, pour fe développer, un chemin deux fois aufli grand que ci-defsus; fon action totale fera quadruple. Suppofons que ce refsort foit porté jufqu'en D [*Tab.* 2. *fig.* 19.], & qu'il ait alors une force = D E, double de D C: qu'il parcourt, en fe débandant, la ligne D F, qui eft double de D B. De cette maniere le triangle D E F repréfentera toute l'action du refsort. Si on compare enfuite le triangle précédent D C B avec celui-ci, D E F, qui lui eft femblable: D C B fera à D E F comme le quarré formé fur D C eft au quarré conftruit fur D E; c'eft-à dire, comme 1 : 4, & conféquemment l'action totale du refsort fera quadruple dans cette derniere hypothefe. Si on bande donc, comme ci-defsus, un refsort avec deux

fois autant de poids, sa premiere action sera = DE, & il parcourra deux fois autant de chemin pour se débander; savoir, DF, & par conséquent toute son action sera 4 fois aussi grande : c'est pourquoi il devra pousser, dans le dernier cas, un seul & même corps, avec deux fois autant de vîtesse. L'expérience confirme cette théorie, pourvu que le ressort AB [*Tab.* 2. *fig.* 18.], ne soit point trop bandé; car, dans les grandes tensions, les espaces parcourus ne sont point exactement comme les tensions.

§ CCC. Si les vîtesses de deux corps sont en raison inverse de leurs masses, leurs forces seront pareillement en raison inverse des mêmes masses.

En conservant les mêmes expressions que précédemment, si on a a : b :: B : A, on aura Aa = Bb; & par conséquent Aa × a : Bb × b :: a : b :: B : A. Or Aa × a = Aaa & Bb × b = Bbb. Donc puisque les forces du corps A = Aaa, & que celles de B = Bbb; ces forces seront en raison inverse des masses.

§. CCCI. Nous avons considéré jusqu'à présent ce qui concerne les forces externes qui pressent & qui agissent sur les corps : mais si les forces qui agissent sur un corps, & qui le poussent vers un autre corps, étoient intérieures au corps sur lequel elles agissent, elles produiroient des effets que nous allons examiner. On peut aisément se former l'idée d'une telle puissance, en concevant, par exemple, une pierre d'aimant, renfermée dans une boule de bois, & qu'il y ait à quelque distance un morceau de fer, contre lequel l'aimant presse & pousse la boule de bois : or, quelle que soit cette force interne, elle communiquera toujours, au corps qui la contiendra, une certaine vîtesse dans un tems donné; & comme cette puissance est conçue au-dedans du corps, elle est en repos à son égard, quelle que soit la vîtesse avec laquelle ce corps soit en mouvement : par conséquent cette force produira toujours dans ce corps des degrés égaux de vîtesse, dans des tems égaux : c'est pourquoi une force qui réside au-dedans d'un corps pourra produire en lui de tels effets, qui ne seroient produits que par plusieurs forces qui agiroient ensemble & extérieurement sur ce corps; & une pareille puissance produira dans le corps un mouvement également accéléré.

§. CCCII. Cette puissance interne produira dans le corps des forces inégales dans des tems égaux. En effet, cette puissance communique au corps, dans le premier tems, une vîtesse, & conséquemment une force; & comme dans deux instans le corps acquere deux vîtesses, à la fin du second instant, les forces du corps sont = 4 : & par conséquent le corps acquere une force comme 3 dans le second instant. Cette même force produit en trois tems trois vîtesses dans le corps; & conséquemment le mobile, à la fin du troisieme instant, a une force = 9 : d'où il suit encore que cette puissance donne au mobile 5 degrés de force pendant le troisieme instant; ainsi les augmentations des forces croissent comme la suite des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, 9, 11, &c.

§. CCCIII. Un corps, mis en mouvement par une telle puissance interne, parcourt des espaces qui sont comme les quarrés des tems ou des vîtesses. En effet, que la ligne AB [*Tab.* 2. *fig.* 20.] représente le tems, divisé en parties égales, AD, DM, MN, &c : soit élevée sur le point D, la perpendiculaire DE, qui représente la vîtesse acquise, pendant le tems AD;

si cette vîtesse eût toujours été la même, le mobile auroit parcouru un espace qui seroit représenté par le rectangle A D E S : mais au commencement du tems A, la vîtesse ayant été nulle, & ne s'étant acquise que successivement pendant la durée de l'instant A D, elle n'est devenue égale à D E qu'à la fin de l'instant A D ; & par conséquent elle ne peut être représentée par le rectangle A D E S ; mais seulement par le triangle A D E. Pareillement soit élevée sur le point M, la perpendiculaire M r, double de la précédente D E ; cette seconde perpendiculaire représentera la vîtesse acquise à la fin du second instant : si cette vîtesse eût été la même, pendant toute la durée du second instant, l'espace parcouru seroit représenté par le rectangle D M r S ; mais comme au commencement D, du second instant, la vîtesse du mobile étoit précisément égale à D E, il s'ensuit que l'espace parcouru, pendant la durée du second instant, doit être représenté par le trapese D E r M. Pareillement comme la vîtesse acquise pendant le tems A B, est représentée par la ligne B C, l'espace parcouru pendant la durée de ce tems, doit être représenté par le triangle A B C ; mais le triangle A D E, est au triangle A M r en raison doublée de A D à A M, ou de D E à M r.

§. CCCIV. Les espaces parcourus en tems égaux, seront aussi entr'eux comme la suite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, 9, &c. [*Tab.* 2. *fig.* 20.] ; comme on peut le voir très distinctement par les triangles égaux qui sont tracés.

§. CCCV. Il suit de ce que nous venons de dire, que les espaces parcourus, & les forces acquises dans les mêmes tems, sont en raison d'égalité. (§. 302).

§. CCCVI. Un corps qui se meut avec une vîtesse déterminée, peut être privé de toutes les forces dont il jouit, par la pression d'une puissance qui agit contre lui selon une direction opposée à la sienne, & qui est aussi grande que celle qui avoit produit les forces dont il jouissoit.

En effet, si deux ressorts B D, & D C [*Tab.* 2. *fig.* 21.], qui pressent d'un côté contre l'obstacle ferme A S, & de l'autre contre le corps C, communiquent à ce même corps deux forces avec lesquelles il aille choquer les deux ressorts E F, F G, égaux aux précédens, & attachés d'un côté à l'obstacle immobile X Z ; il pressera & bandera ces ressorts, jusqu'à ce qu'ils aïent fait une pression opposée & égale aux deux forces du corps C, qui seront détruites par-là.

§. CCCVII. Si la pression du corps contre les ressorts E F & F G est trop foible pour pouvoir communiquer au ressort E une force égale à celle qui vient des ressorts B D & D C ; dans ce cas le corps C ne perdra qu'une partie de sa force ; car il peut bien arriver que les ressorts E F & F G, ne fassent perdre au corps C, par leur résistance, qu'une force comme 1, quoiqu'il agisse contre eux avec une force comme 4 : & dans ce cas, le mobile C, n'ayant perdu qu'un degré des quatre dont il jouissoit, conservera encore trois degrés de sa force.

§. CCCVIII. C'est pourquoi une puissance, qui a communiqué à un corps, par son action, un certain degré de vîtesse, exige une autre puissance qui agisse avec une direction opposée, & qui soit égale à la premiere ; afin que la vîtesse communiquée au corps, puisse être détruite totalement.

§. CCCIX. Peu importe que les puiſsances qui agiſsent ſelon une direction oppoſée, emploient à développer leur action contre ce corps, un tems plus ou moins long; car la perte des forces, dans ce corps, ſera toujours proportionnelle aux forces que la puiſsance oppoſée produira dans le corps qui étoit en mouvement.

§. CCCX. Comme les puiſsances oppoſées font des réſiſtances contre le corps qui eſt en mouvement, la force du mobile ſera d'autant plutôt détruite, que la réſiſtance ſera plus grande: le contraire arrivera, c'eſt-à-dire qu'elle ſera d'autant plus long-tems à être détruite, que la réſiſtance ſera moindre; néanmoins l'effet ſera toujours le même dans l'un & dans l'autre cas: car ſi le mobile jouit de 100 degrés de force, il faudra néceſsairement 100 degrés de force à la réſiſtance, pour pouvoir détruire la force totale du mobile.

§. CCCXI. Si on pouſse un corps dur, & qu'on le faſse mouvoir contre un corps mou, dont toutes les parties aient la même adhérence entr'elles, le corps choquant éprouvera une réſiſtance; & comme, par ce choc, il met en mouvement les parties de l'obſtacle qu'il rencontre, leur réſiſtance ſera en raiſon compoſée du nombre de parties qu'il met en mouvement, & de l'eſpace qu'il leur fait parcourir: ces parties en mouvement ſe retirent dans les petits interſtices qui leur ſont ouverts; & ſoit qu'elles parcourent cet eſpace plus ou moins rapidement, le corps choquant a toujours la même réſiſtance à éprouver de la part de leur cohéſion: & par conſéquent on peut, dans cette occaſion, faire abſtraction de l'eſpace qu'elles parcourent; c'eſt pourquoi l'effet total du corps en mouvement, eſt comme la ſomme des forces avec leſquelles il choque le corps mou. Cet effet eſt la cavité qu'il creuſe dans l'obſtacle: or cette cavité repréſentera toujours un même effet, ſoit qu'elle ait été creuſée plus ou moins promptement, puiſqu'il falloit la même quantité de force pour mouvoir les parties qui la forment par leur déplacement: ce qui eſt démontré par l'expérience qu'on peut faire, à l'aide d'un double cône A B C D [*Tab.* 2. *fig.* 22.], qu'on laiſse tomber ſur de la terre molle. Si on laiſse tomber ce cône de façon que ſon côté le moins aigu AB, puiſse frapper l'argille, il formera dans cette terre une excavation auſſi profonde, que ſi on le laiſsoit tomber, avec la même force en ſens contraire, c'eſt-à-dire de façon qu'il s'implante dans l'argille par ſon côté le plus aigu C D; & cependant ſa force eſt plutôt conſommée par le choc de la partie A E B, que par celui de la partie C D F.

§. CCCXII. S'il ſe trouve dans le corps qui ſe meut une puiſsance qui réſiſte continuellement à la direction de ſon mouvement, par une autre direction oppoſée, il ſe formera dans ce corps, dans des tems égaux, des diminutions égales de vîteſses; & par conſéquent ce corps ſera porté avec un mouvement qui diminuera également. Comme cette puiſsance interne, qui ſe meut avec le corps, agit ſur lui comme ſur un corps en repos, elle doit lui ôter, dans chaque inſtant, des degrés égaux de vîteſse.

§. CCCXIII. C'eſt pourquoi une telle puiſsance interne ne fera pas perdre à ce corps des forces égales dans des tems égaux, mais des forces inégales; car ſi le corps a commencé à ſe mouvoir dans le premier inſtant avec 10 degrés de vîteſse, il n'aura, au ſecond inſtant, que 9 degrés de vîteſse;

il n'en aura plus que 8 au troisieme instant, &c; & conséquemment à cela, ses forces décroîteront selon la progression suivante: 100 — 81 = 19, ensuite 81 — 64 = 17. 64 — 49 = 15 : ou elles seront comme les nombres impairs, 19, 17, 15, 13, 11, &c.

§. CCCXIV. Il en sera de même à l'égard des espaces qu'un tel corps parcourra.

CHAPITRE VII.

De la Gravité.

§. CCCXV. LA gravité, ou la pesanteur, est une force par laquelle tous les corps qui appartiennent à notre globe, élevés au-dessus de la surface de la terre, soit dans l'air, soit dans le vuide, & abandonnés à eux-mêmes, tombent en décrivant une ligne perpendiculaire à l'horison. Si ces corps sont retenus, soutenus, ou suspendus, & qu'ils ne puissent tomber, ils font alors effort, & pressent, dans la même direction, les corps sur lesquels ils s'appuient, ou ceux qui les retiennent, & tendent à entraîner ces corps avec eux, selon la même direction. On distingue deux effets produits par la gravité; savoir, ou un véritable mouvement, ou une simple pression : la gravité peut donc être regardée comme une véritable puissance qui presse un obstacle.

§. CCCXVI. La gravité, multipliée par le nombre des parties égales qui composent un corps, forme le poids de ce corps : de-là le poids d'un élément, d'un corps, ou la gravité de ce même élément, sont la même chose. Mais il n'en est pas ainsi d'un grand corps, qui résulte de la combinaison de plusieurs élémens : son poids sera égal à la gravité d'un de ses élémens, répétée autant de fois qu'il y aura d'élémens dans ce corps, ou bien son poids sera égal à la somme des différens degrés de gravité qui sont répartis à chacuns de ses élémens.

§. CCCXVII. Tous les corps terrestres que nous connoissons jusqu'à présent, & sur lesquels nous avons fait des recherches, soit qu'ils soient solides, grands ou petits, soit qu'ils soient fluides; tous ces corps sont pesans. Personne ne révoque en doute la gravité des corps solides, de quelque regne qu'on les suppose tirés, soit *animal*, *minéral* ou *végétal*; les exhalaisons de tous les corps terrestres quelconques, les vapeurs de l'eau, des esprits, & de tous les fluides, peuvent être recueillies dans des vases, & être pesées à l'aide d'une balance : leur pesanteur se manifeste encore, par la diminution continuelle qu'on remarque dans le poids des fluides qui sont exposés à l'air libre. Personne ne doute actuellement de la pesanteur de l'air, qui est démontrée d'une maniere incontestable. Plusieurs Philosophes, depuis *Boyle*, fondés sur des observations constantes & exactes, n'ont pu recuser la pesanteur du feu (1); & on ne reconnoît actuellement aucun fluide qui soit dé-

(1) Les expériences sur lesquelles *Boile* établit la pesanteur du feu, doivent leur origine

pourvu de pesanteur : c'est pourquoi on doit admettre une gravité universelle dans tous les corps qui appartiennent à notre globe, jusqu'à ce qu'on ait découvert un corps qui ne soit point pesant. Plusieurs Physiciens admettent cependant un fluide subtil & non pesant, qu'ils appellent matiere éthérée ; qui est répandu dans tout l'Univers, qui remplit tous les espaces & tous les vuides que les corps laissent entr'eux & entre toutes leurs parties. Ils ne craignent pas même d'avancer, que ce fluide est la cause de la dureté, de

à l'analogie suivante qu'il imagina. De même que les différens menstrues s'amalgament avec les corps, sur lesquels ils agissent, de même la flamme peut joindre quelques-unes de ses parties à celles des corps sur lesquels elle agit. Il regarda donc alors la flamme comme un véritable menstrue ; &, partant de ce principe, il fit différentes expériences sur plusieurs métaux & sur plusieurs minéraux. Je ne puis rapporter ici toutes les expériences qu'il fit, & qu'on trouvera décrites dans son Traité, *De ponderabilitate flammæ* ; mais si on lit ce Traité avec attention, il sera aisé de s'appercevoir que, quelque soin que *Boyle* ait pris dans la manipulation de ces expériences, elles ne paroissent pas emporter la conviction avec elles. On y apprendra qu'un morceau de cuivre qui pesoit 2 dragmes & 25 grains, acquit un poids de 32 grains en-sus, lorsqu'il eût été exposé à l'action de la flamme d'une demi-once de soufre qu'il fit brûler.

On y apprendra qu'un morceau d'argent rafiné & soumis à la même opération, n'acquit pas, proportion gardée, un poids si considérable. D'où *Boyle* se demande à lui-même, si cette différence provient de la plus grande densité de l'argent, ou d'une disposition plus favorable dans les pores du cuivre que dans ceux de l'argent, pour se prêter à l'action de la flamme. On y apprendra encore que tous les corps que ce Physicien traita de cette maniere, augmenterent plus ou moins en poids. Si on lit les Mémoires de l'Académie Royale de Paris, on y apprendra que M. *Homberg*, ayant fait calciner un morceau d'antimoine, trouva que son poids étoit augmenté d'un septieme après la calcination. Or toutes ces expériences prouvent-elles manifestement la pesanteur de la flamme ? C'est ce que je ne pense pas, quoique je sois bien éloigné de croire qu'elle soit dépourvue de pesanteur ; & voici la raison sur laquelle je m'appuie.

L'augmentation du poids de l'antimoine par la calcination ne pourroit-elle point être rapportée, avec plus de raison, aux matieres étrangeres que la calcination auroit introduites dans la substance de ce demi-métal, qu'aux parties ignées qui l'ont pénétré, & qui s'y sont fixées.

La même raison autorise mes doutes sur la conclusion que *Boyle* tire de ses expériences ; & je suis d'autant plus autorisé à soupçonner la vérité de cette conclusion, que *Boyle* lui-même ne paroît attribuer cet excès de pesanteur, qu'il a remarqué dans les substances exposées à l'action de la flamme, qu'à des parties salines, terreuses, & de toute autre nature, que la flamme porte avec elle dans les corps qu'elle touche & dont elle augmente le poids : or toutes ces parties auxquelles la flamme sert de véhicule, sont bien différentes de la flamme, ou de la matiere ignée ; & par conséquent le poids de ces parties ne doit point être confondu avec celui de la flamme.

Ne seroit il pas permis de soupçonner que, quoique le feu & la flamme soient réellement pesans, nous ne pouvons pas néanmoins avoir d'indices certains de leur pesanteur ; parce-que, comme le remarque très bien l'Abbé *Nollet*, ces corps, n'appartenant point seulement à notre globe, mais à toutes les spheres, ils n'ont point une tendance marquée, ainsi que les autres corps sublunaires, vers le centre de la terre, mais plutôt vers le centre du soleil ; centre de réunion vers lequel tous les corps quelconques, qui font partie de l'Univers, paroissent se diriger immédiatement ou médiatement.

Cette idée, toute neuve qu'elle paroisse, n'est point dépourvue de vraisemblance. J'ai déja fait plusieurs observations qui me portent à ne la point rejetter, & ceux qui l'examineront avec attention, ne pourront point disconvenir qu'elle mérite de ne point être négligée.

l'élasticité

l'élasticité, de la gravité, de l'électricité, du magnétisme, &c. Nous n'ajoûterons foi à toutes ces idées, & nous ne serons de leur avis, que lorsqu'ils nous auront démontré ce qu'ils avancent, & non point tant que leurs assertions ne seront fondées que sur de pures hypotheses. Parmi ceux qui reconnoissent le fluide dont nous venons de parler, les uns le regardent comme un fluide homogene & de même ténuité, les autres reconnoissent deux especes de matiere éthérée, d'autres en admettent jusqu'à trois especes différentes; quelques-uns même imaginent que ce fluide subtil est d'une nature différente de celle des corps sensibles.

D'après une si grande variété dans les opinions des partisans de la matiere éthérée, il est aisé de juger ce qu'on doit penser de l'existence d'un tel fluide. On doit reconnoître par-là que ceux des Philosophes qui ne savent pas juger de la foible portée de l'esprit humain, qui ne veulent point reconnoître les bornes étroites qui circonscrivent l'étendue de ses connoissances, & qui, par conséquent, veulent rendre raison de tous les phénomenes qui se présentent à leurs recherches, sont obligés d'entasser fictions sur fictions : qui plus est, comment pourroit-il se faire qu'un fluide, dépourvu de pesanteur, qui seroit disséminé entre les parties qui se détachent des corps graves, pût être contenu entre ces parties, & qu'il ne fût point repoussé au-dehors & au-dessus de ces parties; de même qu'il arrive lorsqu'on mêle ensemble plusieurs fluides de différentes pesanteurs spécifiques?

§. CCCXVIII. Puisque tous les corps qui font partie de notre globe sont pesans, on ne doit donc point reconnoître de *légéreté positive*, en vertu de laquelle certains corps seroient portés, de bas en-haut, contre la direction de la pesanteur; la fausseté de ce sentiment, que soutint autrefois le célebre *Aristote*, est démontrée d'une maniere inconteſtable, par le raisonnement suivant. Si on enfonce à quelque profondeur sous l'eau, ou dans du mercure, un morceau de bois, & qu'ensuite on l'abandonne à lui même, il s'éleve au-dessus de la surface de l'eau, ou du mercure : or cet effet ne dépend point d'une légéreté positive qu'on doive reconnoître dans le morceau de bois dont il est ici question, mais de la plus grande pesanteur spécifique d'un volume du fluide ambiant, égal à celui du morceau de bois, qui, en faisant un plus grand effort pour descendre, éleve le morceau de bois au-dessus de la surface du fluide dans lequel il est plongé : car si ce même morceau de bois, étant bien applani & bien dressé, est placé sur le fond non mouillé d'un vase, de maniere qu'il s'y applique exactement, lorsqu'on aura versé de l'eau ou du mercure dans ce vase, il ne s'élevera plus en-haut, tant que les parties du liquide qui le couvriront ne pourront point s'insinuer entre le fond du vase & la surface du bois qui lui est appliquée; mais aussi cet effet cesse, & le bois s'éleve, dès que les parties du liquide se font jour & pénetrent entre ces deux surfaces. La futilité de cette opinion a été trop solidement démontrée par les Académiciens de Florence (1), pour insister davantage sur cette matiere.

§. CCCXIX. Tous les corps, grands ou petits, solides ou fluides, de quelqu'espece qu'ils soient, pris indistinctement dans les trois regnes de la

(1) Tentam. Flor. part. 2. pag. 69.

Nature, étant ſuſpendus dans le vuide de *Boyle*, & venant à tomber de la même hauteur, deſcendent avec une égale vîteſſe, & parcourent enſemble le même eſpace. *Epicure* & *Lucrece* (1), ont ſoupçonné que cela devoit arriver ainſi : *Galilée* a enſuite conclu la même choſe d'après ſes propres obſervations (2), parceque des boules d'or, de plomb, de porphyre, de cuivre, qui tombent à travers l'air, de la hauteur de cent coudées, en mêmetems qu'une boule de cire, ſe rendent preſque toutes enſemble à terre; puiſqu'il n'y a, ſur la fin de leur chûte, qu'une différence de quatre doigts entre l'eſpace que les premieres ont parcouru & le chemin qu'a fait la boule de cire : mais *Newton* a confirmé cette vérité en faiſant l'expérience dans le vuide de *Boyle* (3). Il ſuſpendit dans ce vuide différens corps, comme un morceau d'or, une barbe de plume, un petit floccon de laine, qui tomberent tous en-bas avec une égale vîteſſe; parceque l'air rare, qui reſte ſous un récipient dont on a retiré l'air groſſier, ne réſiſte que très peu à la chûte des corps ; quoiqu'il y réſiſte cependant, comme il eſt aiſé de l'obſerver.

Cette expérience peut ſe répéter de différentes manieres : en voici deux très faciles à mettre en exécution. A A [*Tab.* 2. *fig.* 23.] eſt un couvercle de cuivre bien plan & bien dreſſé, qui s'applique ſur l'orifice ſupérieur d'un cylindre de verre de cinq pieds de longueur: à ce couvercle ſont attachés ſix piliers O B, O B, aux extrêmités deſquels B, B, ſont placées des charnieres qui les joignent aux ſix plans C, C, C, C, C, C : ces plans repréſentent chacun une eſpece de triangle mixtiligne. Un de ces côtés, étant arrondi ; ſavoir, celui qui ſe joint par charniere au pilier qui lui répond, l'angle opposé à ce côté eſt mouſſe ; afin que le concours des ſix angles de même eſpece forme un trou vers le centre de la machine, propre à laiſſer paſſer un fil de métal qui entre dans l'intérieur de cette machine, par une boîte à cuir D, adaptée ſur le milieu de la partie extérieure du couvercle A A : cette tige de métal ſe termine extérieurement par une poignée M : à l'extrêmité oppoſée de la même tige, eſt fixée une petite rondelle plane de métal E, qui porte, vers un des points de ſa circonférence, une fente triangulaire, dont la baſe eſt placée à la circonférence de la rondelle. Les dimenſions de cette fente doivent être proportionnées aux dimenſions des plans C C, &c; de façon que l'extrêmité mouſſe de chacuns de ces plans, ſe préſentant ſur cette fente, puiſſe paſſer à travers; & que chacun de ces plans, obéiſſant à ſon propre poids, puiſſe ſe prêter à ſon mouvement de charniere & tomber librement. Les choſes étant ainſi diſpoſées, on place ſur chacun des ſix plans C C C, &c, deux corps de différente grandeur & de différente peſanteur ſpécifique ; on retient tous ces plans dans une ſituation parallele à l'horiſon, à l'aide de la petite rondelle E, qui leur ſert de ſupport, & qui eſt placée de maniere que ſa fente répond à l'interſection de deux plans : alors, ſi on fait tourner circulairement la poignée M, on fera tourner, par ſon moyen, la tige de métal & la rondelle qui y eſt attachée; or la rondelle, venant à tourner, l'angle mouſſe de chaque plan ſe préſentera ſucceſſivement ſur la fente triangulaire, & le plan, dont l'angle ſe préſentera ſur cette fente, n'étant

(1) Lucretius, Lib. 2. v. 238. (2) Mechanic. Dialog. 1. (3) Princip. Philoſoph. pag. 481.

plus soutenu, tombera alors, ainsi que les deux corps qu'il soutiendra. De cette façon on répétera six fois de suite cette expérience, dans un cylindre de verre appliqué sur la platine de la machine pneumatique, ayant eu soin auparavant de vuider d'air ce cylindre autant que faire se peut.

Voici encore un meilleur moyen pour répéter cette expérience. Au couvercle A A [*Tab.* 2. *fig.* 24.], est attachée verticalement une lame de cuivre d'une certaine longueur B B, dont les rebords latéraux, étant un peu recourbés, saillent au-delà du plan de la lame: ces rebords sont chacuns percés de cinq trous, propres à recevoir les axes de cinq petites tablettes C, C, C, C, C, sur lesquelles on place les corps qu'on veut faire tomber: ces tablettes elles-mêmes ont un rebord, afin que les corps qu'elles soutiennent ne puissent cheoir latéralement, de quelque maniere que ce soit. Sur le couvercle A A, on établit une boîte à cuir D, qui laisse passer à travers ses coliers une tige de cuivre N P, qui descend perpendiculairement à côté de la lame B B, jusqu'au-dessous de la derniere tablette; le long de la tige de cuivre N P, sont attachés, à différentes distances, d'autres fils de même métal de différentes longueurs, recourbés en arc, & qui soutiennent les tablettes. Cela posé, si on fait mouvoir lentement, & avec attention, la poignée M de la tige N P; alors le dernier des petits arcs, dont nous venons de parler, s'échappant de dessous la derniere tablette, cette tablette cesse d'être soutenue; elle tourne sur son axe, & laisse tomber, en tournant, les corps qu'on avoit placés dessus: si on continue à tourner lentement, & toujours avec précaution, la poignée M; le second arc, en comptant de bas en-haut, échappe comme le précédent, & la tablette qu'il soutenoit tombe aussi; de sorte qu'en continuant de manœuvrer de la même maniere, toutes les tablettes tombent les unes après les autres: & par le moyen de la machine que nous venons de décrire, on peut répéter cent fois l'expérience. Le nombre des tablettes, n'étant pas fixé, on peut le multiplier à discrétion, suivant qu'on voudra répéter la même expérience un plus grand nombre de fois; ayant toujours la précaution d'établir, sur le haut d'un long cylindre de verre, le couvercle A A, & de pomper l'air du cylindre très exactement (1).

§. CCCXX. Il suit des expériences que nous venons de citer, que tous les corps quelconques de même grandeur, de quelqu'espece qu'ils soient, sont tous également pesans dans le vuide. En effet, on peut considérer tous les corps comme des obstacles égaux, lesquels, parcequ'ils sont mus avec

(1) J'ajoûterai ici, pour satisfaire la curiosité de ceux qui sont amateurs des belles inventions, qu'on trouvera dans le premier volume des Leçons de Physique du D. *Desaguilliers*, une machine fort simple, & très aisée à exécuter, pour répéter les expériences de la chûte des corps dans le vuide. *s'Gravesande* en a imaginé une autre très curieuse, qu'il a décrite dans ses élémens de Physique. L'Abbé *Nollet*, qui a parfaitement saisi tout le génie de cette machine, a travaillé avec succès à la perfectionner, en la simplifiant; mais de toutes celles que j'ai vues, je n'en ai pas trouvé de plus ingénieuse, quant à la maniere d'en faire usage, que celle que m'apporta, au mois de Juin 1762, un Allemand fort adroit à exécuter des machines. Cette machine étoit composée d'une roue à plusieurs pinces, mais dont le mouvement circulaire, nécessaire à la chûte des corps, s'exécutoit par le moyen d'une verge de fer qui se mouvoit de haut en-bas, sans aucune poulie de renvoi.

la même vîtesse, ont besoin de puissances égales ; c'est-à-dire, d'actions égales de pesanteur, suivant le (§. 255) : or lorsque des puissances égales agissent sur des obstacles ou des corps égaux, elles font que ces poids sont aussi égaux.

§. CCCXXI. Il suit encore de-là, que les poids des corps sont entr'eux comme leurs quantités de matiere ; & si on considere le poids comme une puissance, la grandeur de cette puissance sera proportionnelle à la quantité de solidité ou de matiere, & la direction de cette puissance sera déterminée par une perpendiculaire à l'horison.

§. CCCXXII. Chaque fois que le poids de plusieurs corps de même grandeur sera différent dans le vuide, la différence qu'on trouvera dans ces poids, dépendra de la plus grande, ou de la plus petite quantité de matiere qu'ils contiendront : dans ceux qui peseront davantage, il y aura une plus grande quantité de matiere & une plus petite somme additionnelle de pores; & au contraire dans ceux qui peseront moins, la quantité de pores sera plus grande, & celle qui désignera la quantité de matiere sera plus petite. Ces pores sont vuides de matiere ; car s'ils étoient exactement remplis, il y auroit la même quantité de matiere dans tous les corps qui présenteroient le même volume: & puisque la pesanteur est la même dans tous les corps, comme nous l'avons démontrée dans le (§. 319), les corps qui auroient le même volume, feroient tous également pesants ; or, puisque l'expérience dépose le contraire, il est constant qu'il y a beaucoup de vuide entre les molécules qui constituent les grands corps.

§. CCCXXIII. Si on laisse tomber de fort haut, à travers l'air, des corps de même grandeur, mais de différente sorte, la vîtesse que la pesanteur communiquera à ces corps pour tomber, ne sera pas la même ; mais ceux qui contiendront plus de matiere, tomberont plus vîte que ceux qui en contiendront moins. Cela se prouve manifestement par les expériences que M. *Desaguilliers* fit sur l'Eglise de S. Paul de Londres, en laissant tomber plusieurs corps de la hauteur de 272 pieds. Il prit des vessies de cochon, qu'il fit enfler, auxquelles il donna une figure sphérique, & qu'il laissa sécher ; ces boules, abandonnées à elles-mêmes de la hauteur que nous venons d'indiquer, employerent, pour tomber, les tems que la Table suivante désigne.

Boules.	Diametres en pouces.	Poids en grains.	Tems de la chûte en secondes.
A	5	3 128	. . . . 19 375.
B	5	193 156	. . . . 17 25.
C	5	33 137	5 . . . . 18 75.
D	5	26 97	5 . . . . 22 125.
E	5	2 99	125 . . . . 21 625.

Les boules fuivantes étoient de papier.

F	5	5 1800	. . . . 6 5.
G	5	1 1320	. . . . 7 125.
H	5	1 1520	. . . . 7.

Les deux fuivantes étoient de verre foufflé.

I	5	42 2610	. . . . 6 25.
K	5	55 2910	. . . . 6.

§. CCCXXIV. Une boule folide de plomb, abandonnée à elle même dans le vuide, parcourut 242 pieds 8 pouces 11 $\frac{17}{64}$ lignes en 4 $\frac{1}{8}$ m″; & elle employa 4 $\frac{1}{2}$ m″ à parcourir le même efpace dans l'air : d'où il paroît que l'air retarda fa chûte de 62 pieds, 3 pouces, 1 ligne ; puifque, dans le même tems, elle eût parcouru, dans le vuide, 305 pieds & $\frac{33}{48}$. Cette différence qu'on remarque dans la chûte des corps, quant à leur vîteffe, ne dépend point de la nature du mobile ; mais de la réfiftance de l'air, qui fait perdre à chaque inftant au mobile une partie de fa vîteffe, & qui eft caufe par-là qu'il emploie plus de tems à parcourir le même efpace qu'il parcourroit dans le vuide. Cette réfiftance dépend de plufieurs circonftances ; favoir, du volume du mobile, de la vîteffe avec laquelle il fe meut, de fa figure, &c : de-là les corps de même volume qui tombent dans l'air, perdent d'autant plus de leur vîteffe, qu'ils font moins pefans ; puifque, préfentant les mêmes furfaces au milieu qu'ils tendent à divifer par leur chûte, la réfiftance de ce milieu eft la même contre les uns & les autres.

Dans les expériences que nous venons de citer, les corps A & F font entr'eux, quant à leurs poids, comme 1 : 14, à très peu de chofe près ; & les pertes de leurs vîteffes, occafionnées par la réfiftance de l'air, font entr'elles comme 2, 98 : 1 ; c'eft-à-dire, prefque comme 3 : 1 : différence qui dépend de plufieurs circonftances que nous ne connoiffons pas encore bien ; puifqu'elles fuivent un autre rapport que celui du quarré des vîteffes. Et, quoique dans ces expériences, on ait fait attention à la vîteffe avec laquelle le fon fe propage ; puifque parmi ceux qui faifoient ces expériences, les uns étoient placés fur la coupole de la Tour de S. Paul, & les autres étoient fur le parquet de l'Eglife ; je fais, par le rapport de *Defaguilliers*, que ceux qui

firent ces obſervations ne furent point abſolument ſatisfaits de leurs exactitudes. Si on prend deux globes de cuivre de même volume, mais dont les poids ſoient entr'eux comme 1 : 2 ; ſi on ſuſpend ces globes à des fils de même longueur, pour en faire deux pendules égaux, & que pendant qu'ils font leurs vibrations, on les abandonne l'un & l'autre d'une même hauteur, & en même-tems, on s'appercevra auſſi-tôt que leurs vibrations ceſſeront d'être iſochrones; que celui des deux qui peſera davantage, décrira des arcs plus grands, & emploiera plus de tems à les parcourir. Pareillement deux pendules, de même poids, mais dont les volumes ſont différens, éprouveront, de la part du milieu qu'ils diviſeront, des réſiſtances différentes, & des retardemens différens. M. *de la Condamine* attacha à l'extrêmité d'un pendule une boule d'or, dont le diametre étoit de 10 lignes, & qui peſoit deux onces; il ſuſpendit à l'extrêmité d'un autre pendule, égal au premier, une boule de cuivre qui peſoit auſſi deux onces: le premier de ces deux pendules continua à faire des vibrations pendant l'eſpace de 4 heures; tandis que l'autre pendule avoit ceſſé de faire ſes vibrations après deux heures & demie (1). L'expérience démontre auſſi que des corps de même matiere, mais de volumes différens, éprouvent différentes réſiſtances de la part du milieu qu'ils diviſent; parceque les réſiſtances croiſſent comme la ſuperficie des corps: or les ſuperficies des corps ſemblables, ſont à leurs ſolidités en raiſon inverſe de leurs côtés. En effet, ſoient deux ſpheres, dont le diametre de la plus grande $=a$, & le diametre de la plus petite $=b$, leurs ſuperficies ſeront aa, & bb; leurs ſolidités ſeront a^3 & b^3: & on aura $\frac{aa}{a^3} : \frac{bb}{b^3} :: \frac{1}{a} : \frac{1}{b} :: b : a$; & on trouve exactement la même choſe dans la comparaiſon des corps ſemblables.

§. CCCXXV. Si on fait attention à toutes ces expériences, on découvrira auſſi tôt l'erreur d'*Ariſtote*, qui prétendoit que les corps mobiles, de différentes peſanteurs, ſe mouvoient dans le même liquide avec des vîteſſes qui étoient proportionnelles à leurs poids. Les expériences que nous venons de rapporter ne s'accordent point avec celles de *Frenicle*, qui avance que deux boules de même groſſeur, dont l'une étoit de plomb, & l'autre de bois, étant tombées de la hauteur de 147 pieds, arriverent à terre dans le même tems, & frapperent, comme d'un ſeul coup, un baſſin de cuivre (2).

§. CCCXXVI. Mais ſi les corps dont on ſe ſert pour répéter ces expériences, ſont de même figure, de même volume & de même poids, de quelqu'eſpece qu'ils ſoient, ils tombent dans l'air avec la même vîteſſe; ce qui prouve que l'effort de la gravité eſt le même contre tous les élémens de la matiere, comme nous l'avons avancé (§. 320). *Newton* prit deux boîtes de bois égales; il remplit l'une avec du bois, & il mit dans le centre d'oſcillation de l'autre une quantité d'or ſuffiſante pour que le poids de cette derniere fût égal à celui de la premiere; il ſuſpendit ces deux boîtes parallelement l'une à l'autre, à l'extrêmité de deux pendules de la longueur de 11 pieds, qui firent, pendant long-tems, des vibrations égales & de même

(1) Condamine Introd. Hiſt. pag. 89. (2) Duhamel, Hiſt. Acad. Reg. Lib. 1. §. 5. cap. 3.

durée : dans cette expérience, la quantité de matiere de l'or étoit à la quantité de matiere du bois, comme l'action des forces motrices répandues dans l'or, étoit à celle des forces motrices pareillement répandues dans toute la masse du bois; c'est-à dire, comme le poids de l'une de ces matieres étoit au poids de l'autre. Après avoir fait cette expérience, il remplit, à différentes fois, les boîtes dont nous venons de parler, avec de l'argent, du plomb, du verre, du sable, du sel commun, de l'eau, du froment; & les résultats de toutes les expériences qu'il fit, furent toujours les mêmes. Il eût pu, par de telles expériences, s'appercevoir de la différence qui se fût trouvée entre les quantités de matiere dans des corps de même poids, quoique cette différence ne fût pas jusqu'à la millieme partie de la masse du tout (1).

§. CCCXXVII. Lorsqu'on a deux corps de même grandeur, on pourra connoître lequel des deux contient le plus de matiere, & a le moins de pores, en pesant ces corps dans le vuide; la différence de leur poids indiquera ce qu'on cherche.

§. CCCXXVIII. Lorsqu'on compare deux corps de même volume l'un avec l'autre, les poids de ces corps se nomment *poids spécifiques*.

§. CCCXXIX. On peut connoître par ce moyen la proportion qu'il y a entre la quantité de matiere qui se trouve dans un corps, & celle qui se rencontre dans un autre corps. Supposons, par exemple, qu'un morceau de liege pese une once, & qu'un morceau d'or de même volume pese 87 onces; comme il n'y a rien de pesant dans un corps que ce qui est solide, la quantité de matiere de ce morceau de liege sera à celle du morceau d'or comme 1 : 87.

§. CCCXXX. On pourroit, par cette méthode, savoir parfaitement combien il y a d'étendue en solidité dans un corps, & quelle est la quantité de ses pores, comme je l'ai déja dit (§. 94), si on avoit, pour terme de comparaison, une masse de matiere parfaitement solide, & dont nous connussions le poids. Mais comme on ne connoît point encore aucun corps qui soit parfaitement solide, il n'est pas possible qu'on puisse déterminer la quantité de matiere & de porosité qui se trouvent dans aucun corps.

§. CCCXXXI. Puisque les corps terrestres, qu'on abandonne à eux mêmes, tombent, en vertu de la gravité qui les maîtrise, par une ligne perpendiculaire à l'horison; si la terre étoit d'une figure parfaitement sphérique, qu'elle fût parfaitement unie dans toute son étendue, & non point remplie d'aspérités, de cavités & de montagnes, les corps qui tombent sur sa surface décriroient une ligne, laquelle, étant prolongée, aboutiroit au centre de la terre.

Supppofons que S A T M [*Tab.* 2. *fig.* 25.] représente la terre, dont la section soit désignée par un grand cercle, dont C est le centre; que la tangente B D représente l'horison : cela posé, un corps placé au point E, & abandonné à lui-même, décrira, en tombant, la ligne E A, perpendiculaire à la tangente B D. Mais on démontre en Géométrie que le rayon qui aboutit au point de contingence, est perpendiculaire à la tangente; par conséquent

(1) Newton, de Mundi Syftem. p. 24.

E A C, qui est la ligne que suivra le corps en tombant, est une seule & même ligne continue, & conséquemment perpendiculaire au centre C, où elle se termine.

§. CCCXXXII. Mais la terre n'est pas parfaitement ronde; elle est ovale: l'axe P S [*Tab.* 3. *fig.* 1.], qui se termine aux poles, est au diametre A L de l'équateur comme 178 : 179; ainsi qu'on peut s'en assurer par toutes les observations qu'on a faites jusqu'à présent. Or comme tous les corps, dans tous les endroits de la terre, tombent, par une ligne perpendiculaire à sa surface, ce que prouve encore parfaitement le niveau que les colonnes des liquides observent dans leur équilibre; il est constant que tous les corps, dans toutes les régions de la terre, soit qu'ils soient placés sur un des points de sa surface, soit qu'ils soient élevés au-dessus de sa surface, ne sont pas dirigés exactement au centre C; mais vers différens points de son axe, qu'on peut regarder comme autant de différens centres, relativement aux différens points de la superficie de la terre.

En effet, prenant le point P [*Tab.* 3. *fig.* 1.] pour un des poles de la terre, A L pour son équateur, & A M P pour la quatrieme partie du méridien terrestre A P L S; alors, conduisant aux différens points A, B, M, N, O, R, P, des tangentes, & sur ces tangentes des perpendiculaires, selon lesquelles les corps tombent: un corps placé au point A sera porté vers le centre C; mais un autre qui seroit placé en B, arriveroit en D: celui qui se trouveroit au point M, aboutiroit en E; & ainsi de suite. On peut juger des différens points de l'axe où tomberoient ceux qui seroient placés sur les autres points N, O, R, P. Or si on joint, par le moyen d'une ligne, les points a, b, c, d, e, où les lignes dont nous venons de parler se coupent, il en naîtra une courbe a, b, c, d, e, qu'on appelle *barocentrique*, dont le développement donnera le méridien A B M N O R P. Les tangentes à cette courbe, indiquent les directions des corps graves pour tous les points de la surface de la terre par lesquels ils passent; elles indiquent en même-tems quelle doit être la courbure du méridien de chaque endroit, puisqu'il termine tous les rayons qui aboutissent à ces différentes courbures. De-là, en connoissant la figure de la terre, & quel est le rapport de l'action de la gravité sous l'équateur à celle de cette même puissance dans toute autre latitude quelconque, on peut déterminer l'angle que forme la direction de la gravité dans un endroit donné, avec la direction primitive de cette même gravité; c'est-à dire, le point de l'axe de la terre, où doit aboutir un corps en vertu de la gravité qui le maîtrise: problême que M. *de Maupertuis* a résolu (1), en supposant la courbure A B M P; l'endroit où les graves sont portés par leur direction, se trouve dans la ligne a b c d e. Mais si, sur l'axe P S, on décrit une ellipse A P L S, la terre qu'elle désignera sera ovale; alors des points a, b, c, d, e, & de la ligne C S, il en résultera une figure solide, dont la surface sera l'endroit où seront dirigés tous les graves, dans l'hémisphere de la terre A B P L: ce sera encore la même chose dans l'hémisphere opposé.

§. CCCXXXIII. La pesanteur des mêmes corps n'est pas la même dans tous les endroits de la terre; mais elle est plus grande lorsqu'on s'approche davantage des poles, & elle devient plus petite lorsqu'on s'approche vers

(1) Figure de la Terre, Liv. 3. chap. 7. pag. 182.

l'équateur. Ce fut M. *Richer* qui fit cette découverte en 1672, ayant observé qu'un pendule, qui battoit exactement des secondes à Paris, devoit être raccourci d'une ligne & un quart dans l'Isle de Cayenne, pour y mesurer des mêmes tems : cette découverte fut ensuite confirmée dans différens endroits par des observations constantes. En effet, plus l'effet de la gravité est sensible dans un endroit, & plus le pendule doit être allongé pour mesurer des tems de même durée, & pour conserver l'isochronisme de ses vibrations. La différente longueur qu'on doit donner à un même pendule, pour que ses vibrations demeurent constamment isochrones dans tous les endroits de la terre, prouve manifestement que l'effort de la gravité n'est pas le même dans tous les endroits de la terre : ce qu'on pourra observer par la Table que nous plaçons ci-après. Comme il y a, dans la Table que nous donnons, de grandes distances entre les lieux où on a fait des observations, l'illustre *de Maupertuis* (1), & le célebre *Georges Juan* (2), ont tâché de suppléer à ce défaut, à l'aide du calcul, & ont indiqué la valeur de cette force pour les différens degrés de latitude. Mais il nous reste encore bien des observations à faire dans l'un & dans l'autre hémisphere, d'où l'on pourra recueillir quantité de choses touchant la figure de la terre, & l'effort de la gravité dans les différens endroits où on fera de telles observations; elles pourront encore nous obliger de changer & de corriger plusieurs choses dans ce que nous avons avancé jusqu'à présent sur cette matiere. Il n'est pas encore bien démontré que l'hémisphere boréal & septentrional soient de même figure : il convient de faire sur cela des observations dans toutes les Villes. Car ceux qui dressent les Tables d'après le calcul, supposent que le méridien de la terre, soit qu'ils le considerent comme circulaire, ou comme elliptique, supposent, dis-je, que ce méridien est une courbe mathématique. Or comme les différens lieux de la terre sont, ou élevés & hérissés de montagnes, ou creusés en collines, ou situés au niveau de la mer, ils sont par conséquent, ou plus élevés, ou plus bas qu'ils ne le paroissent dans les méridiens mathématiques, qui, eux-mêmes, ne sont pas exempts de quelques difformités; car M. *de la Caille*, faisant des observations en Afrique, sur le Cap de Bonne-Espérance, à la latitude australe de 33° 18′, trouva un degré du méridien presqu'égal à celui qu'on observe en France au 49 degré. M. *le Maire*, mesurant le méridien qui passe par Rome, trouva encore la valeur d'un degré différente de ce qu'elle devoit être en supposant la figure du méridien elliptique. J'ai éprouvé moi-même, en faisant des observations auprès de Leyde, combien on doit apporter de soins & d'attentions pour faire de telles observations, auxquelles on puisse s'en rapporter; celles que j'ai faites se rapportent assez exactement avec celles que fit, à-peu-près dans le même tems à Leyde, le célebre M. *Lulofs* (3). Ceux qui voudront répéter ces sortes d'observations peuvent consulter, sur la maniere de les faire, MM. *de Mairan* (4) & *Maupertuis* (5).

(1) Fig. de la Terre, Liv. 3. p. 181. (2) Observ. Astronom. Liv. 8. ch. 5. p. 265.
(3) Verhandelingen der Hollandsche Maatschappy, v. 3. (4) Figure de la Terre, Liv. 3.
(5) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1735. p. 205.

Table des différences qu'on observe dans la gravité des corps en différens endroits de la Terre.

Noms des Lieux.	Latitude Boréale.	Longueur du pendule en lignes.	Force de la gravité.	Observateurs.	Raccourc. du pend. en lig. par rapport à la force centrifuge.
	90. 0'.	441. 70325	100257.	D'après le calcul	
Pello,	66. 48'.	441. 17.	100137.	Maup. Clairaut,	0. 24.
Archangel,	64. 35'.	441. 126.	100126.	De Lisle,	0. 27.
Leyde,	52. 9' 30''.	440. 7183.	100032.	Lulofs,	
Londres,	51. 31'.	440. 65.	100018.	Graham,	0. 59.
Paris,	48. 50'.	440. 57.	100000.	Mairan,	0. 67.
		440. 58.	100000.	Bouguer,	
Rome,	41. 44'.	440. 28.	99929.	Jacquier, le Sueur,	
Ulyssipone,	38. 42'.	439. 25.	99923.	Couplet,	Douteux.
Cairo (1),	30. 2'	440. 25.	99925.	Chazelles,	
S. Domingue,	19. 48'.	439.	99647.	Des Hayes,	
S. Domingue,	18. 27'.	439. 375.	99732.	Godin,	1. 38.
Petit Goave,		439. 33.	99744.	Bouguer,	
Jamaïque,	18. 0'.	439. 33.	99744.	Campbell.	
S. Christophe,	17. 19'.	438. 75.	99590.	Des Hayes,	
Guadeloupe,	16. 0'.	438. 50.	99533.	Varin des Hayes,	
Martinique,	14. 44'.	438. 50.	99533.	Des Hayes,	1. 41.
Gorée,	14. 40'.	438. 71.	99564.	Varin des Hayes,	
Grenade,	12. 6'.	438. 45.	99518.	Des Hayes,	Douteux.
Porto-Belo,	9. 33'.	439. 08.	99665.	Godin,	
Panama,	8. 35'.	439. 20.	99682.	Bouguer,	1. 48.
Cayenne,	4. 56'.	438. 50.	99533.	Des Hayes,	
	Lat. Australe.				
Punta Palmar.	0. 2'.	438. 96.	99631.	Condamine,	
Riobambe,	0. 9'.	438. 82.	99605.	Bouguer,	
Le rivage de la		438. 93.	9 625.	Condamine,	
mer Australe,	0. 14'.	439. 7.	99802.	Bouguer,	
Quito,	0. 25'.	438. 84.	99643.	Condamine,	1. 53.
Paraiba,	6. 38'.	438. 26.	99702.	Couplet, }	Douteux.
Isle Helenne,	16. 0'.	439. 15.	99906.	Halley, }	
Cap de Bonne-Esp.	34. 24'.	440. 7.	[illegible]36.	La Caille,	

(1) On croit que par ce mot, l'Auteur désigne le Caire : on en juge par la latitude, à laquelle il faut ajoûter 30''.

Comme tous ceux qui ont fait des obſervations ſur cette matiere, n'ont point fait entrer en conſidération les différens degrés de température des endroits où ils ont obſervé, & qu'outre cela ils n'ont pas tous apporté les mêmes ſoins & la même exactitude dans leurs obſervations; il eſt conſtant que de nouvelles obſervations, faites avec toute l'attention requiſe, corrigeront les défauts de celles que nous avons actuellement, & ſuppléeront à celles qui nous manquent, relativement aux endroits où on n'a point encore obſervé.

§. CCCXXXIV. On pourroit ſoupçonner que les différentes longueurs qu'on doit donner aux pendules à ſecondes, dans les endroits dont nous venons de faire mention, ne dépendroient pas de la variété de la force de la peſanteur dans ces mêmes endroits; mais de la force centrifuge, qui naît du mouvement diurne de la terre ſur ſon axe: laquelle, étant différente dans les différentes latitudes, feroit perdre différens degrés de la force que la peſanteur communique aux corps dans ces différens endroits. Comme il eſt aiſé de déterminer la valeur de la force centrifuge dans chaque degré de latitude, & de connoître enſuite de combien on doit raccourcir le pendule à ſecondes, en allant d'un des pôles à l'équateur; M. *Bouguer* s'eſt chargé de ce ſoin, & a dreſſé une Table fort exacte à cet égard, qui nous fait voir manifeſtement que les raccourciſſemens du pendule, expoſés dans les obſervations précédentes, ſont bien différens de ceux qu'exigent les différens degrés de force centrifuge: d'où il ſuit manifeſtement que la force de la peſanteur varie réellement dans les endroits où la latitude eſt différente; & que cette différence qu'on remarque, à proportion que les latitudes varient, dépend de la figule ovale de la terre, & des diſtances différentes de ces endroits au centre de la terre: de ſorte que la véritable gravité des corps, ou, pour mieux dire, la gravité, ne jouit complettement de toute ſa force que ſous les pôles. Les accroiſſemens que la gravité prend de l'équateur aux pôles, ſont, à très peu de choſe près, comme le quarré du ſinus droit de la latitude, ſelon la démonſtration que *Newton* nous en a donnée (1). Nous ne connoiſſons pas encore la véritable cauſe de cette différence, ni la conformation intérieure de la terre, ni la ſolidité des parties qu'elle renferme dans ſes entrailles.

§. CCCXXXV La force de la gravité demeure conſtamment la même, dans le même endroit de la terre, pendant le courant de l'année; & peu importe que la terre ſoit aphélie, ou périhélie, qu'elle ſoit dans les équinoxes, ou dans les ſolſtices: & on doit cette obſervation à M. *Bouguer* (2). C'eſt pourquoi on ne doit point faire dépendre la gravité de la preſſion d'un fluide interpoſé entre le ſoleil & la terre, & qui ſeroit preſſé par le ſoleil; puiſque, dans ce cas, la gravité, dans les corps terreſtres, ſeroit plus grande lorſque la terre ſeroit périhélie, que lorſqu'elle ſeroit aphélie.

Les graves, abandonnés à eux-mêmes dans le même endroit de la terre, ſe portent auſſi conſtamment au même point de la ſurface de la terre, pendant le courant de l'année; ainſi qu'on l'a obſervé, à l'aide d'un téleſcope, ſuſpendu à l'extrêmité d'une chaîne de 187 pieds de longueur, au moyen

(1) Princip. Phil. Nat. Lib. 3. prop. 20. (2) Fig. de la Terre, p. 336.

duquel on observa constamment tous les jours un même objet qui étoit à 556 toises de distance du télescope, si ce n'est dans les circonstances où la chaleur allongeoit la chaîne, ou lorsque le froid la rendoit un peu plus courte (1).

§. CCCXXXVI. La gravité des mêmes corps, élevés au-dessus de la surface de la terre, à différentes distances de son centre, est en raison réciproque de leur distance à ce centre.

Soit une partie de la surface de la terre I L O K [*Tab* 3. *fig.* 2.], dont C I est le rayon; soit aussi un point A, élevé à une certaine hauteur au-dessus de la surface terrestre: imaginons que cette partie I L O K soit placée en A B D E: or comme la gravité, quelle que soit la cause qui la produit, & la maniere dont elle agit, paroît toujours diriger son action par des lignes droites, tirées du centre à la circonférence; en supposant que la figure de la terre est parfaitement sphérique, & qu'elle est homogene dans toute sa solidité, l'action de la pesanteur se dirigera selon des lignes droites, menées du point C aux points I, L, K, O; lesquelles lignes, étant prolongées jusqu'en A, G, H, F, atteindront la surface A F H G, jusqu'à laquelle, & beaucoup au-delà de laquelle, la force de la pesanteur, qui se faisoit sentir en I L K O, produira encore son action: or la force de la gravité à la surface A E B D, est à celle qui se fait sentir à la surface A F G H, comme la grandeur de A E B D, est à celle de A F G H; mais ces deux grandeurs sont en raison composée de A B, ou I O, & de B D, ou de O K, à A G × G H: or I O : A G :: I C : A C; & O K : G H :: I C : A C. Conséquemment on aura la raison de I O, × O K : A G × G H :: $\overline{IC}^q$: $\overline{AC}^q$; donc la force de la gravité en A D, sera à celle qui se fait sentir en I K :: $\overline{IC}^q$: $\overline{AC}^q$. Mais la gravité n'agit pas sur les surfaces dont nous venons de parler, & que nous supposons de même densité par le moyen des rayons tirés entre C & I, ou entre C & A, soit qu'elle exerce son action par des pressions ou par attraction; puisque ces rayons sont purement imaginaires, & n'existent point, & qu'ils n'ont été supposés que pour la facilité de la démonstration. Cette démonstration aura toujours lieu, quelque grande qu'on suppose la distance, jusqu'à laquelle la gravité produit son action; mais elle ne sera pas également applicable, & elle souffrira quelques exceptions, lorsqu'elle agira sur des corps qui seront à de très petites distances.

On a découvert cette propriété par la pesanteur de la lune sur la terre, & on doit cette découverte aux observations & aux expériences que firent, sur les plus hautes montagnes du Pérou, MM. *la Condamine* (2) & *Bouguer* (3). M. de *la Condamine* observa dans la Ville de Quito, qu'un pendule fit en 24 heures 98740 vibrations; & ayant porté ce même pendule sur la montagne de Pichinca, à la hauteur de 750 toises plus haut qu'à Quito, il ne fit plus dans le même tems que 98720 vibrations. Il observa encore qu'au bord du fleuve des Amazonnes, dans le Village de Para, qui est beaucoup au-dessous de Quito, le même pendule fit, dans le même espace de tems,

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1754. p. 1. (1) Voyage de la riviere des Amazonnes, p. 181. (3) Voyage au Pérou, p. 40.

98770 vibrations; d'où il conclut que la gravité étoit plus grande dans les endroits plus bas, & plus petite dans les endroits plus élevés. M. *Bouguer* nous apprend qu'un pendule qui mesuroit exactement une seconde par chacune de ses vibrations, & qui étoit placé sur le sommet de la montagne de Pichinca, avoit 36 pouces 6 $\frac{71}{100}$ de ligne; que dans la Ville de Quito, un pendule isochrone au premier, avoit 36 pouces 6 $\frac{83}{100}$ de ligne; & qu'au bord du rivage de la mer, à la latitude australe de 14 m', il avoit 36 pouces 7 $\frac{7}{100}$ de ligne de longueur. Le sommet de la montagne dont nous venons de parler, est élevé au-dessus du niveau de la mer de 2434 toises. Pichinca est situé sous l'équateur, par conséquent à la hauteur de 2434 toises au-dessus du niveau de la mer. La longueur d'un pendule propre à mesurer des secondes, est de 438 . 71; & au bord de la mer Pacifique, sa longueur est de 439 . 7 lig.: par conséquent l'action de la gravité, au sommet de la montagne, = 99575, & au bord de la mer = 99802, puisque le sommet de la montagne est plus élevé que le rivage de la mer de 2434 toises. Supposons que le rayon de la terre, depuis le centre jusqu'à la surface qui répond au niveau de la mer, soit de 1348 parties; ce même rayon, prolongé jusqu'au sommet de la montagne, sera de 1349 parties, dont les quarrés seront 1817104 & 1819801. Si donc l'effort de la gravité, au sommet de la montagne, est supposé = 99575, il seroit au bord de la mer = 99722: or l'observation prouve que cet effort est plus grand; puisqu'il = 99802. Mais si nous supposons qu'il soit = 99802, il sera donc au sommet de la montagne Pichinca = 99654; ce qui est contre l'observation précédente, qui démontre que cet effort = 99575, & conséquemment moindre que la raison inverse du quarré des distances au centre de la terre: or cette erreur, relativement à la raison inverse du quarré des distances, vient de la figure sphéroïde de la terre, & du peu d'exactitude des observations, & de l'inégale solidité du globe terrestre, qui est plus dense dans des endroits, qui contient moins de matiere dans d'autres, eu égard aux grandes cavités qui se trouvent disséminées dans toute son étendue; ce que prouvent manifestement ces fréquens tremblemens de terre qui se sont fait sentir depuis peu dans tous les Pays, & qui sont produits par une matiere élastique qui circule de cavités en cavités. Il arrivera encore la même chose, si la montagne sur laquelle on fait des observations est en proie à des feux souterrains, qui la consument intérieurement. Peut-être que cette erreur, qui paroît mettre en défaut la loi de la raison inverse du quarré des distances, vient d'un noyau qui enveloppe le centre de la terre, qui est de différentes grandeurs, qui ne conserve pas la même forme, ni la même densité dans toute son étendue, & qui est éloigné, à une certaine distance, de la surface sphéroïde de la terre. Peut-être aussi n'a-t-on pas encore déterminé exactement la véritable loi de la gravité; parcequ'on n'a point fait entrer en considération, dans les observations qu'on a faites jusqu'ici, la plus grande densité, ou la plus grande rareté de l'air, ainsi que la variété de la température en chaud & en froid: choses cependant qu'on ne doit point négliger, lorsqu'il s'agit de considérer les vibrations d'un pendule. Cette erreur peut venir encore de ce qu'il faudroit, dans de telles observations, avoir égard à l'intensité des forces centrifuges, qui est plus grande à une plus grande distance de la surface de

la terre. Elle peut venir encore, de ce qu'on a omis plusieurs choses que nous ne connoissons pas encore, & que ceux qui viendront après nous pourront peut-être connoître. *Georges Juan* (1) a traité cette matiere avec beaucoup d'étendue, & nous a communiqué, à cet égard, un grand nombre d'observations. Le célebre Mathématicien M. *Clairaut* (2) ne nous a rien laissé à desirer sur cela.

§. CCCXXXVII. En supposant que la véritable loi de la gravitation, soit la raison inverse du quarré des distances au centre de la terre, supposons que C I [*Tab.* 3. *fig.* 3.] soit le demi-diametre de la terre, & qu'il soit prolongé jusqu'en A; que cette ligne soit divisée en plusieurs parties, égales chacunes au demi-diametre C I. Si un corps, placé au point I de la surface de la terre, pese, dans cet endroit, 3600 ℔, ce même corps, élevé à la hauteur de 60 demi diametres au-dessus de la surface de la terre, ne pesera plus qu'une livre. Et si on le place à toutes les hauteurs intermédiaires, tracées sur la ligne C A, il ne pesera, dans ces différens endroits, que les poids qui y seront indiqués; car le poids de 3600 ℔, dont ce corps jouit au point I, doit être divisé par le quarré des différentes distances où il se trouvera du centre C, & le quotient exprimera le poids dont il jouira dans tous ces points.

§. CCCXXXVIII. Il suit de-là, que si deux corps, tels que A H & I K, [*Tab.* 3. *fig.* 2.], sont homogenes, & de même espece, & que la grandeur du corps A H soit à celle de I K, comme $\overline{AC}^q : \overline{IC}^q$; leurs poids seront égaux.

§. CCCXXXIX. Si les corps A H & I K [*Tab.* 3. *fig.* 2.], sont de nature différente, & qu'ils soient dans des éloignemens différens du centre de la terre, leurs poids seront en raison composée des poids qu'ils auroient dans la même distance de notre globe, & des raisons inverses des quarrés des distances à ce même centre.

§. CCCXL. Il suit encore de-là, que plus les corps, qui sont placés dans le voisinage les uns des autres, sur la surface de la terre, sont proches de son centre, plus leur action les uns contre les autres sera considérable, soit qu'il s'agisse de presser, soit qu'il s'agisse de s'opposer à un mouvement de bas en-haut; & ils observeront toujours, quant à leur force, la proportion que nous venons d'indiquer.

§. CCCXLI. Un corps, élevé à quelque distance aux-dessus de la surface de la terre, dans le climat de Paris, & abandonné à lui-même, parcourt, dans l'espace d'une seconde, 15 pieds 1 pouce $1\frac{7}{9}$ lig.; lequel espace, réduit en lignes = 2173 . 631356 : en prenant une seconde pour un instant, il parcourt, dans le second instant, 45 pieds, 3 pouces, $5\frac{1}{8}$ lig. : dans le troisieme instant, il parcourt 75 pieds, 5 pouces, $8\frac{8}{9}$ lig. Dans le vuide, l'espace qu'un corps parcourroit seroit un peu plus long; puisque, dans ce cas, le corps ne seroit nullement soutenu par la résistance de l'air (3). Un corps qui tomberoit dans le vuide, à Leyde, parcourroit, dans l'espace de la premiere seconde, 15 pieds rhenan, 7 pouces, 6 . 412 lig., suivant l'observa-

(1) Observations Astronom. Liv. 8. ch. 4. (2) Pieces qui ont remporté le prix à Toulouse en 1759. (3) Newtoni. Philos. Nat. Liv. 3. Prop. 19. Proll, 3. part. 77.

tion de *Lulofs* (1). Mais nous n'entrerons point dans ce détail, qui nous paroît trop minutieux.

§. CCCXLII. Tout corps accélere donc son mouvement en tombant; & les espaces qu'il parcourt dans une suite de tems égaux, croissent comme les nombres impairs 1, 3, 5, &c; & les espaces parcourus à la fin de chaque instant, en comptant depuis le premier instant de la chûte, sont entr'eux comme les quarrés des tems. Car, de même que 1 : 4, de même 15 pieds + 1 pouce + 1 $\frac{7}{9}$ lig. sont à 60 pieds + 4 pouces + 7 $\frac{1}{9}$ lig., qui expriment les espaces qu'un mobile parcourt pendant les deux premiers instans de sa chûte.

On n'a pas pu observer aussi facilement & aussi exactement les espaces que les corps parcourent en descendant, lorsqu'ils sont abandonnés à eux-mêmes, par les tems que les pendules emploient pour faire leurs vibrations; car la résistance de l'air, que les corps qui tombent éprouvent nécessairement, pendant leur chute, retarde leur mouvement. *Newton* & *Hauxbée* trouverent que des boules remplies de mercure ne parcouroient, dans l'espace d'une seconde, que 14 pieds d'Angleterre & 5 $\frac{1}{2}$ pouces : néanmoins, malgré la difficulté qu'on éprouve pour mesurer exactement les espaces que les corps parcourent pendant les différens instans de leur chûte, le célebre *Galilée* vint à bout de découvrir exactement que ces espaces étoient en raison doublée des tems; & ce fut cet habile Mathématicien qui fit le premier cette observation (2). Cette découverte fut confirmée ensuite par *Grimaldi* & *Riccioli* (3), qui imaginerent des expériences fort ingénieuses & très exactes, qu'ils exécuterent avec toute l'attention possible.

§. CCCXLIII. Pour se former une juste idée de la maniere dont les graves accélerent leur mouvement pendant leur chûte, supposons que la ligne A B [*Tab. 2. fig. 20.*] représente le tems pendant lequel un corps se meut; que ce tems soit divisé en parties infiniment petites : division qui peut être représentée par les lignes A D, D M, M N, &c. Soit élevé sur le point D la perpendiculaire D E, qui représente la vîtesse que le mobile a acquise pendant le premier instant de sa chûte A D, lorsqu'il est parvenu au point D : or le tems pendant lequel un corps se meut, multiplié par sa vîtesse, donne l'espace que ce mobile a parcouru; par conséquent le rectangle A D E S, qui naît de la multiplication de A D par D E, exprimeroit exactement l'espace que le mobile auroit parcouru pendant le premier instant de sa chûte, si sa vîtesse, pendant ce premier instant A D, eût toujours été égale à D E. Mais il n'en est pas ainsi dans l'hypothese présente, le mobile n'acquiert que successivement le degré de vîtesse D E, dont il jouit lorsqu'il est parvenu au point D; par conséquent l'espace parcouru pendant le premier instant A D, ne peut être représenté que par le triangle A D E : le mobile, parvenu au point D, continue à se mouvoir pendant le second instant avec la vîtesse acquise D E; & conséquemment il parcourt, pendant ce second instant D M, un espace égal au rectangle E D M : mais pendant qu'il se meut, sa vîtesse augmente de même qu'elle a augmenté pendant le premier instant; il ac-

(1) Verhandelingen der Haarlemse. Maatschappy, vol. 3. (2) Dialog. de Motu Locali. Dial. 3. p. 157. 158. (3) Almagest. Tom. 1. L. 2. cap. 21. prop. 4.

quiert donc, pendant le second instant de sa chûte, une vîtesse égale à celle que nous avons représentée par DE, & il arrive à la fin du second instant DM muni d'une vîtesse = Mr, double de DE. S'il se fût mû pendant tout ce second instant, avec une telle vîtesse, il eût parcouru un espace égal au rectangle SDMr; mais comme au premier moment D, de ce second instant, il n'avoit qu'une vîtesse égale à DE, l'espace parcouru pendant le second instant DM, ne peut être égal qu'au trapese DEMr. Il continue encore à se mouvoir, pendant le troisieme instant, avec une vîtesse accélérée; & à la fin N du troisieme instant MN, il a acquis une vîtesse = Nt, triple de celle du premier instant DE: & par conséquent, en vertu de ce que nous venons d'observer pour les deux premiers instans, il ne parcourt, dans ce troisieme instant, qu'un espace égal au trapese rMNt; or l'espace parcouru pendant le second instant DM, est triple de l'espace triangulaire ADE, que le mobile a parcouru pendant le premier instant AD; & l'espace parcouru pendant le troisieme instant, est quintuple de l'espace parcouru dans le premier instant, comme il paroît manifestement par la division de ces espaces en triangles égaux au triangle ADE. Mais les observations répétées ci-dessus (§. 341), prouvent que c'est une propriété dans les corps qui tombent librement, de parcourir des espaces qui soient tels entr'eux, que le premier, étant représenté par 1, le second = 3, le troisieme = 5 : donc on peut représenter la chûte des graves par le moyen d'un triangle ANt, ou ABC.

Il suit encore de ce que nous venons de dire, que les vîtesses qu'un mobile acquiert successivement pendant les différens instans de sa chûte, croissent comme les instans; puisque, pendant le premier instant AD, la vîtesse acquise est représentée par DE = 1, en deux instans AD, DM, la vîtesse acquise = Mr, = 2; en trois instans, AD, DM, MN, la vîtesse acquise = Nt, = 3 : & conséquemment dans tous les instans successifs & égaux, pendant lesquels un mobile se mouvera, il acquerra des degrés de vîtesse égaux.

§. CCCXLIV. On appelle ordinairement le triangle ABC, *le plan d'une vîtesse uniformément variable ;* & la ligne AC, *le lieu des vîtesses :* ce lieu est représenté par une ligne droite; parcequ'on a la proportion AD : AM : : DE : Mr.

§. CCCXLV. Comme le triangle ADE [*Tab.* 2. *fig.* 20.] est au triangle AMr en raison doublée de AD à AM, ou comme le quarré de DE au quarré de Mr, & que ces triangles représentent les espaces parcourus par la chûte du mobile, ces espaces seront aussi entr'eux comme les quarrés des tems ou des vîtesses; & conséquemment les vîtesses seront comme les racines quarrées des espaces parcourus : ce qu'on peut démontrer par une expérience incontestable. En effet nous avons observé ci-dessus, que la vîtesse qu'un mobile acquiert, en parcourant le premier espace, est égale à 1, & que celle qu'il acquiert, en parcourant 4 espaces, est égale à 2 : or si on place deux corps ronds dans une cycloïde, ces corps, dans un même tems, pourront parcourir des portions plus ou moins grandes ; mais si on fait descendre un de ces corps par une portion de cycloïde, dont la hauteur = 1, & l'autre par une portion dont la hauteur = 4, & que l'un & l'autre, à la fin des

des chûtes que nous venons d'indiquer, soit déterminé à se mouvoir parallement à l'horison, le premier parcourra un espace comme 1, & l'autre un espace comme 2 ; & ils emploieront chacun le même tems pour parcourir ces espaces : ce qui prouve que le premier de ces deux corps n'a acquis qu'un degré de vîtesse, & que le second n'arrive à la fin d'une hauteur comme 4, qu'avec deux degrés de vîtesse. Ce sera encore la même chose, si on fait tomber un troisieme corps, par une portion de cycloïde, dont la hauteur = 9, il ne parcourra que 3 espaces dans une direction parallele à l'horison; & conséquemment n'aura acquis, par sa chûte, que 3 degrés de vîtesse.

§. CCCXLVI. Soit A D [*Tab.* 3. *fig.* 4.], axe d'une parabole, sur lequel on prenne des portions A B, A C, A D, qui expriment les espaces que parcourroit un mobile, s'il tomboit selon la verticale A D ; les ordonnées aux points B, C, D, qui sont B E, C F, D G, représenteront les vîtesses acquises à la fin de chaque espace parcouru ; car, par la nature de la parabole, on a $AB : AC :: \overline{BE}^q : \overline{CF}^q$, & conséquemment $\sqrt{AB} : \sqrt{AC} :: BE : CF$: de-là si A B, & A C expriment des espaces librement parcourus, B E & C F marqueront les vîtesses acquises.

§. CCCXLVII. Puisque les espaces parcourus en tems égaux par un corps qui tombe librement, croissent entr'eux selon la progression des nombres 1, 3, 5, &c, plus le nombre de ces espaces deviendra grand, & plus les espaces eux-mêmes approcheront de l'égalité. En effet, lorsque les espaces parcourus seront entr'eux comme 101, 103, 105, ils différeront peu les uns des autres ; ils différeront encore moins lorsqu'ils seront entr'eux comme 10001, 10003, 10005 : mais les racines quarrées des nombres qui expriment de tels espaces, seront à peine différentes les unes des autres. Or ces racines indiquent les vîtesses, qui seront par conséquent presqu'égales entr'elles ; de sorte qu'à la suite elles deviendront uniformes.

§. CCCXLVIII. Comme les espaces parcourus sont comme les quarrés des tems, on connoîtra aisément le tems qu'un corps emploiera pour parcourir un espace donné. Que l'espace qu'un corps parcoure, en tombant librement pendant une seconde = a, & que le tems soit désigné par t : si on demande le tems x, qu'il emploiera à parcourir l'espace b, on aura la proportion $a : b :: tt : xx$; & par conséquent $\sqrt{\frac{btt}{a}} = x$. Si $t = 1$, tt égalera aussi 1; & alors $\sqrt{\frac{b}{a}} = x$. Si, pendant le tems t, il parcourt 15 pieds, le même mobile parcourra 540 pieds dans le tems bt; car $\frac{540}{15} = 36$, dont la racine = 6: & puisqu'un mobile parcourt 2173 lig. pendant une seconde, il parcourra 1 pied ou 144 lig. dans le tems d'une m''', 15, 42.

§. CCCXLIX. Etant donné le tems qu'un corps emploie à parcourir un certain espace, trouver les espaces qu'il parcourra dans chaque seconde. En supposant qu'un corps ait employé 5 m'' à tomber au fond d'un puits, dont la profondeur est de 375 pieds; combien a-t-il parcouru de pieds dans la premiere seconde ? Comme les quarrés des tems sont proportionnels aux

espaces, on aura $5\ \overline{m''q} = 25$ & $1\ \overline{m''q} = 1$; & conséquemment $25 : 1 :: 375 : \frac{375}{25} = 15$: il parcourra donc 15 pieds dans la premiere seconde.

§. CCCL. Puisque les forces des corps mus librement, sont comme le quarré des vîtesses, & que les espaces parcourus par les corps qui tombent librement, sont aussi comme le quarré des vîtesses; les forces & les vîtesses sont donc entr'elles en raison d'égalité: ce qu'on peut confirmer par les expériences suivantes.

Remplissez une boîte quelconque de terre grasse, de celle dont se servent les Potiers de terre pour faire des marmites; rendez la surface de cette terre lisse & très unie : laissez tomber sur cette terre, de trois pieds d'élévation, une boule quelconque, dont on prendra le poids pour 1; cette boule, par sa chûte, creusera une cavité sur la terre qu'elle frappera : prenez une autre boule de même diametre, mais qui pese trois fois davantage que la premiere, & laissez-la tomber à côté de l'endroit que la premiere a frappé, mais que la hauteur d'où cette derniere tombe ne soit que d'un pied. Cette boule formera aussi, par sa chûte sur l'argille, une excavation semblable à celle que la premiere a creusée par la sienne : or ces cavités égales doivent être regardées comme des effets égaux, qui doivent leur naissance à la résistance que la glaise a opposée au mouvement des deux boules; & par conséquent les causes, ou les forces qui ont produit ces effets égaux, quoi qu'il en soit des tems qu'elles ont employés pour les produire, sont égales. (§. 300). C'est pourquoi les forces de ces deux corps sont comme les espaces parcourus, multipliés par les poids de ces corps. Une sphere, dont le poids = 1, & qu'on laisse tomber d'une hauteur = 4, fait un creux qui est égal à celui que formeroit une sphere dont le poids = 2. On peut aisément mesurer ces excavations, à l'aide d'un compas à trois branches; & on doit compter pour rien la difficulté qui est fondée sur le plus grand tems qu'emploie, pour produire un plus grand effet, une boule qui tombe d'une plus grande hauteur.

§. CCCLI. Quiconque fera attention à ce que nous avons démontré (§. 301 & 306), s'appercevra aussi-tôt, que les corps qui tombent, jouissent des mêmes propriétés que ceux qui sont soumis à des puissances intérieures qui les pressent. Et, comme la gravité est une puissance qui presse, les corps tombent de haut en-bas, de même que si la puissance qui les anime étoit en repos, & qu'elle agît néanmoins continuellement sur eux de la même maniere.

§. CCCLII. Il suit de ce que nous venons de dire, que si un corps en repos vient à tomber, pendant un tems désigné par A B [*Tab. 1 fig. 10.*], & qu'à la fin de cet instant il acquere une vîtesse représentée par B C; il parcourra, pendant cet instant, un espace représenté par le triangle A B C : il suit encore que ce même corps, tombant pendant le même tems, avec une vîtesse uniforme, égale à B C, parcourroit un espace double du premier, & qui seroit représenté par le rectangle A B C Z; car l'espace parcouru par un corps en mouvement, se connoît en multipliant le tems par la vîtesse : or $AB \times BC = ABCZ$; & conséquemment un corps qui, muni d'une vîtesse uniforme se mouveroit pendant un tems sous-double, parcourroit un espace égal à celui que parcourroit, avec un mouvement accéléré, un corps

qui passeroit de l'état du repos à celui du mouvement, & qui se mouveroit pendant un tems double.

§. CCCLIII. Un corps, abandonné à lui-même parcourt, pendant l'espace d'une seconde, 2173 lig., & à la fin de ce premier instant, il a acquis une vîtesse propre à lui faire parcourir un espace double dans le même tems; c'est-à-dire 4346, en supposant qu'il se mouveroit d'un mouvement uniforme : c'est pourquoi on peut savoir, à l'aide d'une parabole, quel espace un mobile parcourroit dans un même tems, avec la vîtesse qu'il a acquise en tombant d'une hauteur quelconque. Ce que MM. *Belidor* (1) & *Martin* (2) ont supputé, & nous ont appris, par des Tables très exactes qu'ils ont dressées.

§. CCCLIV. En conséquence de ce que nous venons de dire, nous pouvons donner à un corps toute vîtesse quelconque, en calculant la hauteur d'où il faut le laisser tomber; afin qu'il acquere, par sa chûte, la vîtesse indiquée.

On sait qu'un corps parcourt en une seconde, d'un mouvement accéléré, 2173 lig., & qu'il acquiert, pendant ce tems, une vîtesse suffisante pour parcourir, dans le même tems, d'un mouvement uniforme, c'est-à dire, en se mouvant dans une direction parallele à l'horison, 4346 lig.; c'est pourquoi, si on demande de quelle hauteur il faut faire tomber ce corps pour qu'il acquere une vîtesse propre à lui faire parcourir 100 lignes, par un mouvement uniforme : voici la réponse. Supposons que l'espace parcouru par le mobile, dans la premiere des deux circonstances, $= S$, & que l'espace qu'on exige qu'il parcoure uniformément $= X$; les espaces parcourus sont comme le quarré des vîtesses. Supposons donc que ces vîtesses soient désignées par C & c, on fera alors cette proportion, $S : X :: \overline{Cq} : \overline{cq}$, & par conséquent $X = \frac{S\overline{cq}}{\overline{Cq}} = \frac{2173 \times 100 \times 100}{4346 \times 4346} = \frac{21730000}{18887716}$. Par ce moyen on connoît la hauteur à laquelle il faut élever le corps, & d'où il faut le laisser tomber, pour qu'il ait la vîtesse qu'on exige.

§. CCCLV. Puisque l'action de la gravité maîtrise continuellement un corps, & le sollicite à se mouvoir de haut en bas, soit qu'il soit en mouvement, soit qu'il soit en repos; le mouvement d'un corps qui sera dirigé de bas en-haut, & qui se mouvera selon une ligne droite, sera un mouvement retardé : & les diminutions de sa vîtesse, seront égales en tems égaux; puisque la gravité produit dans un corps des vîtesses de haut en-bas, qui croissent comme les instans. Par conséquent, un corps lancé de bas en-haut, se mouvera avec un mouvement également retardé; & on observera tout ce que nous avons démontré (§. 301, 302, 303).

§. CCCLVI. Par conséquent si un corps tombe perpendiculairement en-bas, il aura acquis, à la fin de sa chûte, une vîtesse suffisante pour remonter jusqu'à la même hauteur d'où il sera tombé; comme il paroît manifestement par la chûte des corps sur des obstacles parfaitement élastiques, qui remontent presque jusqu'à la même hauteur d'où ils sont descendus : ce qui paroît

(1) Belidor, Archit. Hydraul. Liv. 1. ch. 3. p. 180. 189. (2) Phil. Britan. V. 1. Tab. 18.

encore plus évidemment par les vibrations des pendules, qui sont telles, qu'un pendule, tiré de son aplomb, & abandonné à lui-même, à une hauteur quelconque, remonte en sens contraire jusqu'à la même hauteur.

§. CCCLVII. Si on jette un corps de bas en-haut, il montera donc jusqu'à cette même hauteur; d'où venant ensuite à tomber, il acquerra, par sa chûte, la même vîtesse avec laquelle il a été jetté de bas en-haut. Les soldats, qui défendent les remparts d'une Ville assiégée, & qui connoissent cette propriété de la gravité, ne pointent pas trop obliquement les bouches à feu, dont ils font usage pour défendre la Ville; afin que les pierres & les autres corps dont elles sont chargées, venant à tomber de fort haut, blessent & tuent plus sûrement les ouvriers & les ennemis qui se cachent à l'abri des ouvrages qu'ils ont faits, & qu'ils ne pourroient point attrapper par une défense directe. C'est ainsi que les bombes, qui viennent à éclater, après avoir été lancées fort haut, & être retombées par le seul effort de leur gravité, brisent, avec une force considérable, les toîts, les maisons, & généralement tout ce qu'elles rencontrent dans leur chûte. C'étoit en vertu de cette même connoissance, que les Anciens lançoient fort haut une grêle considérable de traits, qui étoit si nombreuse, qu'elle en obscurcissoit la lumiere du soleil; afin que tous ces traits, retombants, par leur propre poids, pussent blesser & tuer leurs adversaires, quoiqu'ils fussent garnis de cuirasses. C'est encore en vertu du même principe, que, lorsque la grêle tombe de fort haut, elle détruit les moissons, elle abat les arbres, elle brise les toîts, elle tue les bestiaux & les hommes.

§. CCCLVIII. Les hauteurs auxquelles peuvent monter différens corps qu'on lance de bas en-haut, avec différentes vîtesses, sont entr'elles comme le quarré de ces vîtesses.

§. CCCLIX. On peut savoir, d'après ce principe, jusqu'à quelle hauteur peut s'élever un corps qu'on lance perpendiculairement de bas en haut, en connoissant le tems qui s'écoule depuis le moment où il s'éleve, jusqu'à celui où il est retombé. Supposons, par exemple, qu'ayant lancé de bas en-haut une boule, elle ait employé 20 m″ à retomber vers l'endroit d'où elle étoit partie; cela posé, il est constant que cette boule a employé 10 m″ pour monter, & le même tems pour descendre, les espaces qu'elle a parcourus en montant & en descendant sont nécessairement égaux, & comme le quarré du tems qu'elle a employé à les parcourir. Ces espaces sont donc comme 10 × 10 : or, dans un instant, c'est-à-dire, dans l'espace d'une seconde, un corps parcourt, dans le climat de Paris, 15 pieds 1 pouce 1 $\frac{7}{9}$ lig. ou 2173, 63 lig.; par conséquent, dans l'hypothese dont nous venons de faire mention, la boule s'est élevée de 2173, 63 lig. × 10 × 10, c'est-à-dire, qu'elle a parcouru, en s'élevant, 1509 pieds 6 pouves 7 lignes, & qu'elle a parcouru un espace semblable en descendant.

§. CCCLX. Puisqu'on connoît l'espace qu'un corps parcourt en descendant librement auprès de la surface de la terre, dans l'espace d'une seconde, & qu'on sait d'ailleurs les diminutions de l'effort de la pesanteur, à de plus grandes distances du centre de ce globe, on pourra connoître aisément l'espace que parcourra, dans un même tems, un corps qui sera placé à une distance donnée du centre de la terre; en effet, puisque la force de la

gravité n'eſt plus à la diſtance de deux rayons de la terre, que le quart de ce qu'elle eſt à la ſurface de ce globe; & qu'un corps, vers la ſurface de la terre, parcourt, dans une ſeconde, 2173 lignes : un autre corps, placé à deux rayons de diſtance du centre de la terre, ne parcourra, dans le même tems, que $\frac{2173}{4} = 543\frac{1}{4}$ lig.; & à une diſtance de trois rayons, il ne parcourroit, dans une ſeconde, que $\frac{2173}{9} = 241\frac{4}{9}$ lig. : & en continuant ainſi de ſuite à diviſer le nombre 2173 par le quarré des nombres qui expriment les diſtances au centre de la terre, meſurées par des rayons, on pourra indiquer l'eſpace qu'un corps parcourra dans l'eſpace d'une ſeconde, en le ſuppoſant placé à ces différentes diſtances.

§. CCCLXI. La peſanteur d'un corps, qui demeure conſtamment à la même diſtance du centre de la terre, eſt-elle variable, ſouffre-t-elle, tantôt du plus, tantôt du moins ? On a cru que l'intenſité de cette force alloit en décroiſſant; parcequ'on a obſervé que le cadavre d'un animal mort, peſe moins que le corps de cet animal lorſqu'il vit : ce qui ſe remarque ſur-tout dans les oiſeaux; ſi on les peſe exactement avant leur mort, ils peſent ſenſiblement plus qu'après. Cette obſervation ne me paroît pas mériter aſſez de confiance, pour qu'on puiſſe en conclure raiſonnablement; puiſque tant que les animaux vivent, ils tranſpirent continuellement : & que ce qui s'échappe par la voie de la tranſpiration, doit néceſſairement diminuer leur poids, ſi on n'a ſoin de réparer cette perte.

D'autres ont avancé que la peſanteur ſouffroit des degrès d'accroiſſement, & ſe ſont fondés ſur cette expérience; ayant rempli avec de l'eau & des poids une boule de verre, & l'ayant exactement fermée avec de la cire, ſon poids s'eſt trouvé augmenté au bout de huit jours. Cette expérience n'eſt pas ſi déciſive qu'elle le paroît; & elle ne répond pas à l'attente qu'on en doit avoir. En effet, ſi on place le globe dont nous venons de parler, dans un des baſſins d'une bonne balance, & un contrepoids dans le baſſin oppoſé, il peut bien arriver que la pouſſiere qui voltige dans l'air, venant à tomber ſur la ſurface du globe, ou que les parties aqueuſes qui regnent conſtamment dans l'atmoſphere, s'étant attachées en plus grande abondance aux cordes qui ſuſpendent le baſſin dans lequel ce globe eſt placé, aient rendu ce globe plus peſant, & aient induit en erreur celui qui a fait cette expérience (1).

§. CCCLXII. Juſqu'à préſent nous n'avons examiné que la peſanteur des corps qui ſont placés ſur la ſurface de la terre, & celle de ceux qui ſont élevés à différentes diſtances au-deſſus de ſa ſurface; nous n'avons encore rien dit ſur la peſanteur de ceux qui ſont placés dans l'intérieur même de la terre, ou qui ſont à une moindre diſtance de ſon centre que la longueur de ſon rayon. *Newton* n'a pas omis de traiter cette matiere. Nous avons obſervé précédemment que les corps qui ſont placés ſur la ſurface de la terre, ont une tendance qui les dirige vers différens points de ſon axe : en eſt-il de même pour ceux qui ſont placés dans l'intérieur de la terre ? Ceux-ci ſe dirigent-ils tous vers

(1) Frid. Hofmanni Demonſt. Phyſ. Curioſ. Demonſt. 16.

le centre de ce globe ? C'eſt ce que nous ignorons ; parceque nous ne connoiſſons pas aſſez la ſtructure de l'intérieur de la terre ; parceque nous ne ſavons pas ſi cette maſſe eſt homogene, ou hétérogene dans toute ſon étendue : ſi elle eſt par-tout d'une même denſité ; ſi elle eſt parſemée d'un grand nombre de cavités : circonſtances qui mettent beaucoup de différences dans la direction des graves.

§. CCCLXIII. La peſanteur qui maîtriſe tous les corps, fait qu'ils tendent tous les uns contre les autres, & peſent mutuellement les uns ſur les autres ; l'hémiſphere boréal exerce ſa peſanteur contre l'hémiſphere auſtrale ; & l'hémiſphere qui eſt borné par le méridien terreſtre, peſe contre l'autre hémiſphere. Un corps que je ſuſpends, & que je tiens avec la main, a une tendance vers la terre, & la terre elle-même tend réciproquement vers ce corps. Cette tendance mutuelle, que tous les corps ont les uns vers les autres, fait qu'un corps ſuſpendu à l'extrêmité d'un fil long & flexible, dans le voiſinage d'une groſſe montagne, tend également, & vers la ſurface de la terre, & vers la ſurface de cette montagne ; & par conſéquent ne ſe dirige pas perpendiculairement, mais un peu obliquement à la ſurface de la terre : ce que découvrirent, par une obſervation très difficile à faire, MM. de *la Condamine* & *Bouguer*, qui obſerverent, qu'ayant placé un pendule auprès d'une immenſe montagne, nommée Chimboraco, qui eſt ſituée dans le Pérou, près de l'équateur, qui obſerverent, dis-je, que cette montagne attiroit ce pendule, tant vers ſa partie auſtrale, que vers ſa partie boréale, & qu'elle l'écartoit de ſa véritable ligne perpendiculaire, de maniere qu'il formoit avec elle un angle de 7 à 8 m″ (1). Si une ſeule montagne produit un ſi grand effet ſur un pendule, le flux & reflux de la mer, qui apporte deux fois par jour, vers le rivage, une ſi grande quantité d'eau, ne produit-il aucun effet ſur la direction de la peſanteur ? Quoique cette idée ne ſoit point avancée au haſard & ſans fondement, néanmoins nous n'oſons rien prononcer ; car ſi, dans ce cas, il arrive quelque changement à la direction de la peſanteur, ce changement eſt ſi petit, qu'on n'a pas pu l'obſerver juſqu'à préſent : ainſi qu'on peut le remarquer par ce que nous avons dit (§. 335).

§. CCCLXIV. La gravité eſt donc une propriété générale de la matiere, qui appartient à tous les corps qui font partie du ſyſtême planétaire : de ſorte que toutes les planetes ont une tendance les unes vers les autres ; mais ſur-tout la lune vers la terre, & réciproquement la terre vers la lune, & l'une & l'autre vers le ſoleil & vers toutes les autres planetes qui ont pareillement une tendance vers le ſoleil, & une autre qui les détermine les unes vers les autres. C'eſt une loi générale de cette tendance, que toutes les planetes, tant principales que ſecondaires, aient, vers le ſoleil, une tendance qui ſuive la raiſon inverſe du quarré de leurs diſtances ; les ſecondaires vers leur planete principale, & celles-ci vers le ſoleil. Comme la ſituation des planetes, & leur diſtance à la terre,

(1) Bouguer, Fig. de la Terre, Sect. 7.

varient continuellement, nous ne connoiſſons aucun corps, ſur la ſurface de notre globe, qui tende continuellement vers un même point; & parceque la ſurface de la terre eſt hériſſée de montagnes & de vallées, la tendance de chaque corps eſt néceſſairement compliquée : d'où il ſuit néceſſairement que la direction que leur imprime leur gravitation, eſt tout-à-fait compoſée ; & très difficile à determiner.

§. CCCLXV. Mais quelle eſt la cauſe de la gravité? C'eſt ce qui ne tombe point ſous nos ſens ; & conſéquemment ce que nous ne pouvons pas démontrer. Il ne paroît pas que ce ſoit une puiſſance méchanique qui agiſſe au-dehors. Il ne paroît pas non plus que ce puiſſe être un fluide mou, ou élaſtique, en repos, ou en mouvement, qui, s'appuyant ſur les corps, les preſſeroit & leur imprimeroit la direction qu'ils affectent. 1°. parceque la gravité agit également ſur un corps en repos, que ſur un corps doué d'une grande vîteſſe, quelque direction qu'il ait; or toutes les puiſſances qui ſont juſqu'à préſent ſoumiſes à nos connoiſſances, n'agiſſent pas ainſi : elles agiſſent avec toute l'intenſité de leurs forces ſur les corps en repos, & ſeulement avec l'excès de leurs forces ſur celles des corps qui ſont en mouvement : c'eſt pourquoi, ſi on ſuppoſe que la gravité dépende d'un fluide ſubtil, il faudroit néceſſairement ſuppoſer que ce fluide fût mû avec une vîteſſe infinie, pour qu'il pût produire le même effet ſur un corps qui eſt mû avec une grande vîteſſe, & ſur un corps en repos : or il n'y a point de raiſon qui puiſſe confirmer cette idée. 2°. Cette idée ſeroit encore fauſſe dans la ſuppoſition précédente ; puiſque la gravité eſt toujours proportionnelle à la quantité de matiere, & non à la ſurface des corps : car tous les fluides que nous connoiſſons agiſſent contre les corps qui ſe préſentent à leur action, en raiſon de la ſuperficie, & non pas en raiſon de la ſolidité des corps contre leſquels ils agiſſent; & on trouve que, dans le vuide, le poids d'un corps demeure conſtamment le même, quelque figure, quelque volume qu'on procure à ce corps, ſoit qu'on le condenſe, ſoit qu'on le raréfie, ſoit qu'il ne faſſe qu'une ſeule & même maſſe, ſoit qu'on le diviſe en pluſieurs parties. Mais outre ce raiſonnement, ſuffiſamment ſolide pour détruire l'hypotheſe que nous attaquons, elle eſt encore combattue & détruite par quantité d'autres raiſonnemens (1).

§. CCCLXVI. Ne pourroit-on pas dire que Dieu ſeroit la cauſe immédiate de la gravité, ou un autre eſprit quelconque, qui agiroit à l'extérieur, & qui dirigeroit tous les corps vers le centre de leur gravitation? C'eſt ce qu'on ne peut prouver par aucun raiſonnement ſolide ; car, quoique nous ſachions parfaitement que Dieu agit ſur les corps, & qu'il les conſerve; nous ne ſavons aucunement qu'il ſoit la cauſe de la gravité, quoique cela ne répugne aucunement. Quant à ce qui concerne un autre eſprit différent de Dieu, nous n'avons aucune preuve, ni de ſon exiſtence, ni de ſon action ſur les corps ; & par conſéquent on ne doit point admettre cette maniere d'agir comme une choſe démontrée, quoiqu'il paroiſſe que *Newton* n'ait point été éloigné de reconnoître une telle cauſe (2).

(1) Clairaut, Théor. de la fig. de la Terre. Comment. Gotting. v. 2. p. 163.
(2) Princip. Philoſoph. Schol. Prop. 69. Lib. 1.

§. CCCLXVII. Dira-t-on que la gravité dépend d'un principe interne, que Dieu a imprimé dans la ſubſtance de chaque être matériel, & en vertu duquel nous remarquons que tous les corps ont une tendance les uns vers les autres? S'il en étoit ainſi, il eſt conſtant qu'on parviendroit, en quelque façon, à expliquer mathématiquement, à l'aide de ce principe, les propriétés de la gravité, comme nous l'avons fait voir (§. 302 juſqu'à 313) ce qui rendroit cette idée vraiſemblable : néanmoins on ne parviendra jamais à démontrer l'exiſtence d'un tel principe; parcequ'un principe interne ne peut pas tomber ſous les ſens. Outre cela l'eſprit de l'homme ne peut pas concevoir comment un tel principe réſideroit dans la matiere, comment il pourroit être appliqué à toutes ſes parties, comment, en vertu d'un tel principe, les corps agiroient les uns ſur les autres à une certaine diſtance : or comme toutes ces choſes ſont enveloppées, par rapport à nous, dans d'épaiſſes ténebres, & que la cauſe de la gravité nous paroît être un myſtere au-delà de la foible portée de l'eſprit humain, j'imagine qu'il nous ſeroit plus facile de dire ce qui n'eſt pas la cauſe de la gravité, que de dire ce que c'eſt que cette cauſe; puiſque nous ne connoiſſons manifeſtement rien ſur cette matiere, ſi ce n'eſt les effets de cette cauſe.

§. CCCLXVIII. J'ai joint ici une Table dans laquelle j'ai indiqué les eſpaces qu'un corps parcourt pendant l'eſpace de pluſieurs m''' ſucceſſives. J'ai encore ajoûté une ſeconde Table à cette premiere : celle-ci contient trois colonnes; la premiere repréſente la diviſion du tems en m''; la ſeconde déſigne les eſpaces parcourus, exprimés par des pieds, des pouces, des lignes, meſure de Paris; la troiſieme indique les vîteſſes acquiſes à la fin de chaque tems, en vertu deſquelles un mobile ſe mouveroit dans une direction paralléle à l'horiſon.

TABLE

TABLE I.

Tems divisé par m‴.	Espaces parcourus. Pieds.	pouc.	lignes.
1	0	0	0 $\frac{2173}{3600}$
2	0	0	2 $\frac{83}{300}$
3	0	0	5 $\frac{217}{200}$
4	0	0	9 $\frac{661}{225}$
5	0	1	3 $\frac{9}{720}$
6	0	1	9 $\frac{73}{100}$
7	0	2	6 $\frac{1}{6}$
8	0	3	2 $\frac{63}{225}$
9	0	4	0 $\frac{89}{400}$
10	0	5	0
15	0	11	2 $\frac{4}{5}$
20	1	8	7
25	2	7	2 $\frac{684}{1019}$
30	3	11	2 $\frac{1}{4}$
35	5	1	2
40	6	6	0
45	8	5	1 $\frac{7}{10}$
50	10	5	0 $\frac{97}{100}$
55	12	5	1 $\frac{4}{5}$
60	15	1	1 $\frac{7}{9}$

TABLE II.

Tems divisé par m″.	Espaces parcourus.			Vîtesse acquise à la fin de chaque instant propre à faire parcourir.		
	Pieds	pouc.	lign.	Pieds.	pouc.	lign.
1	15	1	1 $\frac{7}{9}$	30	2	3 $\frac{1}{9}$
2	60	4	7 $\frac{1}{9}$	60	4	7 $\frac{1}{9}$
3	135	10	4	90	6	10 $\frac{6}{9}$
4	241	5	5 $\frac{4}{9}$	120	9	2 $\frac{2}{9}$
5	377	4	8 $\frac{4}{9}$	150	11	4 $\frac{6}{9}$
6	543	5	4	181	1	9 $\frac{3}{9}$
7	739	8	3 $\frac{1}{4}$	211	4	$\frac{8}{9}$
8	966	1	5 $\frac{7}{9}$	241	6	4 $\frac{4}{9}$
9	1222	9	0	271	8	8
10	1509	6	8 $\frac{7}{9}$	301	10	11 $\frac{5}{9}$
20	6039	11	3 $\frac{1}{9}$	603	9	11 $\frac{1}{9}$
30	13587	0	4	905	8	8 $\frac{6}{9}$
40	24153	0	$\frac{4}{9}$	1209	0	6 $\frac{2}{9}$
50	37739	1	5 $\frac{4}{9}$	1509	6	9 $\frac{7}{9}$
60	54344	5	4	1811	5	9 $\frac{3}{9}$

CHAPITRE VIII.

La Méchanique.

§. CCCLXIX. Les *machines* sont des instrumens construits de maniere, que l'homme qui s'en sert peut, par leur secours, soutenir ou mouvoir de grandes masses.

On donne le nom de *Méchanique* à la science qui nous apprend la maniere de construire les machines, les proportions qu'il faut observer dans la disposition de la puissance & de la résistance ; enfin la maniere de faire usage des machines. Je ne parlerai dans ce Chapitre, que des puissances qui sont en équilibre avec les résistances; c'est-à-dire, qui soutiennent les poids contre lesquels elles agissent. On nomme encore cette science *Statique*, & on doit l'appeller, à juste titre, Méchanique de l'équilibre, que je distingue de la Méchanique du mouvement.

§. CCCLXX. Les machines simples, dont on connoît actuellement l'usage, sont au nombre de 7; qui sont la *balance*, le *levier*, la *poulie*, le *tour*, le *plan incliné*, le *coin*, & la *vis*. C'est de la combinaison plus ou moins multipliée de ces machines, & différemment ordonnée, que résultent toutes les autres machines que nous connoissons. La connoissance des machines simples nous conduit à celle des machines composées, & des puissances qu'il faut employer dans ces especes de machines pour soutenir les résistances données.

§. CCCLXXI. Nous imaginerons ici, que toutes les machines sont faites d'une matiere inflexible, & parfaitement dure : nous supposerons encore qu'elles se meuvent sur leur axe sans aucun frottement, & qu'elles sont mathématiquement parfaites, afin que nous puissions calculer plus commodément les forces, & des puissances, & des résistances, & que nous puissions mieux exposer la véritable construction des machines : mais nous considérerons ensuite ce qu'on doit attendre de la flexibilité de leurs parties, & du frottement qu'elles éprouvent dans leurs mouvemens.

§. CCCLXXII. Nous appellons *force*, *moment*, l'action d'une puissance qui comprime; laquelle est, suivant le (§. 258), en raison composée de la grandeur des obstacles & des espaces qu'ils parcourent. Nous appellons, dans ce Chapitre, obstacle, les fardeaux ou les poids qu'il faut mouvoir; nous comprenons encore, dans la même classe, toutes les pressions & les tractions des puissances vivantes. Nous nommons *puissances*, des poids, des ressorts, des courans d'eau, les vents, la fumée, le feu, la vapeur d'une eau bouillante, & les forces des animaux. Comme les forces animales ne peuvent point être exactement déterminées, puisqu'elles ne tombent point sous les sens, nous substituerons à leur place, pour la facilité de la démonstration, des poids qui pourront, soit en pressant, soit en tirant, produire les mêmes effets que des puissances animales qu'ils représenteront.

§. CCCLXXIII. On nomme *centre de gravité* un certain point imagi-

naire dans un corps, par lequel ce corps, étant fuſpendu, ou fur lequel étant foutenu, de quelque maniere qne ce foit, toutes fes parties font en équilibre.

§. CCCLXXIV. C'eft pourquoi il fuffit de foutenir, ou de fufpendre un corps par fon centre de gravité, pour foutenir tout le poids de ce corps; par conféquent on peut imaginer que toute la pefanteur d'un corps eft réunie dans ce point, & que toutes fes autres parties font dépourvues de pefanteur. La direction du centre de gravité eft la même que celle des corps graves; elle eft toujours déterminée par une ligne perpendiculaire à l'horifon. Soit une fphere parfaitement homogene, A H B [*Tab. 3. fig. 5.*], dont le centre de grandeur foit le point C; ce point fera auffi fon centre de gravité; & la tendance ou la direction de cette boule fera défignée par la ligne A C B, perpendiculaire à l'horifon: par conféquent ce corps peut être foutenu, ou par le point C, ou par tout autre point quelconque de fa ligne de direction, tel que par les points D, A, E; puifqu'en foutenant un de ces points, on foutient tout l'effort de ce corps: c'eft pourquoi on peut concevoir auffi que toute la gravité de ce corps réfide dans chacun des points de fa ligne de direction, & qu'il preffe, par chacun de ces points, avec des forces égales à celles qui réfultent du poids de fa maffe.

§. CCCLXXV. Si le corps, dont nous venons de parler, n'étoit foutenu par aucun des points de fa ligne de direction AB, & qu'il ne le fût que par tout autre point, tels que S, H, ou K, il tomberoit néceffairement; puifqu'alors l'effort de ce corps ne feroit aucunement foutenu, &, qu'en vertu de la tendance de fon centre de gravité, il defcendroit autant qu'il lui feroit poffible.

§. CCCLXXVI. Soit le corps A B E D [*Tab. 3. fig. 6.*], dont le centre de gravité foit en C; fi de ce point C on abaiffe fur le terrein la perpendiculaire C G, qui marque la ligne de direction de ce corps, cette perpendiculaire tombera au-delà de la bafe D E, qui touche le plan fur lequel ce corps eft appuyé: pour lors ce corps A B E D tombera en I, & il tournera fur fon extrêmité E; fi on conduit la ligne E C, on verra que le centre de gravité décrira l'arc C I, dont la hauteur eft moindre de la quantité O H, que celle que ce même arc auroit fi on fuppofoit que le rayon E O fût perpendiculaire à la bafe D E.

Suppofons maintenant le corps A B D E [*Tab. 3. fig. 7.*], dont le côté D E foit parallele à l'horifon, & s'appuie fur une table, & dont le centre de gravité foit au point C; fi de ce centre on conduit fur le côté D E la perpendiculaire C G, qui tombe entre les points E & D, ce corps fera foutenu, & il fera d'autant plus folidement foutenu, que le point G, extrêmité de la perpendiculaire C G, fera plus proche du milieu de la bafe E D, & que cette bafe fera plus grande. Si ce corps eft mû, par fon rayon E C, autour de fon point E, comme centre, il faut néceffairement que fon centre de gravité C décrive l'arc de cercle C O I: or fi on tire la ligne C I parallele à l'horifon, & qu'on éleve fur le milieu de cette ligne la perpendiculaire H O, le centre de gravité de ce córps fera obligé de s'élever de la quantité H O, & conféquemment toute la maffe du corps; ce qui ne peut pas fe faire aifément. Mais fi le centre de gravité du même corps eft plus proche

du côté B E, le rayon E C sera plus petit, & conséquemment O H sera plus court; & il faudra moins de force pour faire mouvoir ce corps que dans l'hypothese précédente.

§. CCCLXXVII. Il n'est pas difficile de trouver méchaniquement, c'est-à-dire en tâtonnant, le centre de gravité d'un corps; voici une méthode fort aisée à mettre en exécution : appuyez un corps sur un des angles solides d'un prisme triangulaire, & promenez-le sur cet angle jusqu'à ce qu'il y soit en équilibre; tracez sur ce corps un ligne qui marque celle par laquelle il repose sur l'angle du prisme lorsqu'il y est en équilibre : placez alors le corps sur ce même angle, mais dans une autre situation, & promenez-le de nouveau sur cet angle, jusqu'à ce que vous ayez trouvé une seconde fois l'équilibre; & tracez la ligne du contact : les deux lignes que vous aurez tracées sur ce corps se couperont en un point commun. Or si vous concevez une perpendiculaire élevée de ce point de contact dans l'épaisseur du corps, vous trouverez dans cette ligne son centre de gravité.

§. CCCLXXVIII. On peut, d'après ce que nous venons de dire, rendre raison de plusieurs phénomenes qui se présentent à nos recherches. Pour quelle raison, par exemple, un corps cubique tel que S [*Tab. 3. fig. 8.*], placé sur un plan bien dressé & incliné comme A B, ne fait-il que glisser sur ce plan ? En voici la raison. La ligne C V, tirée perpendiculairement du centre de gravité de ce cube sur l'horison, tombe sur sa base A X; & par conséquent ce cube est soutenu par le plan sur lequel il s'appuie : mais il descend, parceque ce même plan est incliné. Au contraire, la sphere ou le cylindre R E G, & le polygone T L M N, tournent sur eux-mêmes en glissant le long de ce plan; parceque les centres de gravité de ces deux corps se dirigent selon les lignes C G & C Q, qui ne passent pas par les faces qui s'appuient sur le plan incliné A B.

Ce mouvement sur lui-même du polygone T L M, ne peut être conçu que mathématiquement, en supposant les surfaces du plan & du corps parfaitement bien dressées; mais comme les surfaces ne sont point telles réellement & physiquement, les résultats des expériences s'éloignent de la théorie. En effet, quoique la perpendiculaire C Q tombe sur le côté M N, & conséquemment que la ligne de direction ne tombe pas sur une des faces par laquelle le polygone s'appuie sur le plan, il peut bien se faire que ce polygone ne roule pas sur lui-même; cela dépend alors de l'attraction que le plan A B exerce contre le côté L M, & réciproquement. A cette cause se joint encore le frottement du polygone sur le plan A B, qui, dans toute son inclinaison, s'oppose souvent à la descente du corps; & ce frottement differe, selon que le plan a plus ou moins d'aspérités. Le célebre *Cl. Kraff*, faisant des expériances avec des polygones qu'il avoit posées sur un plan incliné, observa la regle qui suit, & à laquelle il nous avertit de faire attention.

Que le poids du corps $= P$, que le frottement de sa base L M contre le plan $= F$; si on conduit la perpendiculaire C I sur le côté L M ou plutôt sur le plan A B, dans ce cas le polygone descendra, & tournera sur lui-même chaque fois qu'on aura $F > \frac{IM}{IC} \times P$: mais ce même corps glissera seu-

lement sur le plan, si $F < \frac{IM}{IC} \times P$. L'Auteur de cette regle nous assure qu'elle est confirmée par plusieurs expériences (1).

Il ne faut pas oublier de considérer ici ce que le célebre *Bernouilli* a ajoûté à cette observation (2). Un corps qui glisse, & qui descend sur un plan incliné, dont la surface est lisse & polie, descendra & roulera sur lui-même, si on augmente le frottement, en couvrant la surface du plan avec un morceau de drap. Mais parceque P, IM, IC sont des quantités constantes, il est évident qu'un polygone, qui glisse seulement sur un plan, ou qui glisse & roule en même-tems sur ce plan, glissera, ou glissera & roulera tout à la fois dans toutes autres inclinaisons du même plan.

§. CCCLXIX. On conçoit aussi, par ce que nous avons dit, pour quelle raison un double cône, formé de deux cônes unis ensemble par leurs bases, étant placé vers l'angle que forment deux regles unies entr'elles, & écartées l'une de l'autre, & qui sont situées de façon que les extrêmités qui terminent les côtés de l'angle qu'elles forment soient plus élevées que le sommet de cet angle; on conçoit, dis-je, pour quelle raison le double cône descend & roule sur lui-même lorsqu'il paroît monter vers les extrêmités de ces regles; on conçoit aussi pour quelle raison ce double cône reste en repos, lorsqu'on diminue l'angle que les regles forment, en quelqu'endroit de ces regles que ce corps soit posé : on conçoit enfin pour quelle raison, si on diminue encore la grandeur de cet angle, & qu'on place le double cône vers la partie la plus élevée de ces regles, il descend aussi-tôt vers le sommet de cet angle.

§. CCCLXXX. On comprend aussi, par ce que nous avons dit sur le centre de gravité, pourquoi ces petites figures de bois auxquelles on a attaché des contre-poids, se tiennent solidement sur un pied, tournent librement sur elles-mêmes sans se renverser. On sent aussi pour quelle raison ces petites figures, dont un pied seul pose sur une corde inclinée, descendent du haut de la corde en-bas, en se tenant toujours de bout, selon toute la longueur de la corde, & comment ces autres figures, dont les mains se jettent en avant, & tiennent une scie, peuvent se tenir fermes sur deux pivots fichés dans leurs pieds. On peut encore, à l'aide de ce que nous avons dit, concevoir tout ce que les Anciens ont écrit sur cette matiere (3) La connoissance du centre de gravité des corps est d'une très grande utilité; & c'est par rapport à cela que quantité de grands Géometres se sont donné beaucoup de peines pour déterminer le centre de gravité de différens corps : ainsi qu'on peut le voir par les Ouvrages de *Wallis* (4), *Gaudin* (5), *Carré* (6).

§. CCCLXXXI. On appelle centre du mouvement un point autour duquel un ou plusieurs corps se meuvent ou font des révolutions.

§ CCCLXXXII. Nous disons que les puissances agissent directement sur une machine, lorsqu'elles agissent toutes par une ligne droite selon laquelle la partie de la machine à laquelle elles sont appliquées, commence à

(1) Comment Petropolit. vol. 12. (2) Comment. Petropolit vol. 13. p. 94. & 197. (3) Plinius in Hist. Nat. Lib. 34. cap. 18. (4) Mechanica. (5) Centrobarryca. (6) Méthode pour la mesure des surfaces.

ſe mouvoir : lorſqu'on parle de puiſſances en Méchanique, il faut concevoir qu'elles agiſſent directement, à moins qu'on n'indique que leur action eſt oblique.

De la Balance.

§. CCCLXXXIII. La *balance* eſt une machine deſtinée à meſurer le poids des corps ; elle eſt compoſée d'un *fléau* A B, ou de deux *bras*, C A & C B, [*Tab.* 3. *fig.* 9.] d'un *axe* C, d'une *châſſe* D E : les deux jambes de cette *châſſe* ſont unies entr'elles par une *agraffe* K, qui empêche que l'*axe* de la balance ne tombe, ſi les deux jambes de la *châſſe* venoient à s'écarter. On remarque outre cela dans la balance une *aiguille* F G, qui ſe termine en pointe, & qui eſt attachée ſur le milieu du fléau ; la partie ſupérieure de la châſſe eſt ouverte de part & d'autre, & forme deux *yeux* qui ſe répondent : de la partie ſupérieure, intérieure & moyenne de la châſſe, deſcend une petite *pointe* qui répond à la pointe de l'aiguille, lorſque la balance eſt en équilibre. On nomme les balances qui ſont ainſi conſtruites, *balances à œil* : & c'eſt ainſi qu'elles doivent être conſtruites pour l'uſage de ceux qui veulent peſer quelque choſe avec grande exactitude. Dans les balances ordinaires, on ne pratique point d'yeux au haut de la châſſe : on remarque outre cela dans toute balance deux *baſſins*, H, H, qui pendent librement à l'extrêmité de chaque bras, A & B.

§. CCCLXXXIV. Pour concevoir clairement la conſtruction d'une balance, il faut d'abord imaginer que ſon fléau eſt une ligne mathématique A, A [*Tab.* 3. *fig.* 10.], au milieu duquel eſt placé l'axe ou le centre du mouvement C : lorſque la balance eſt en mouvement, chaque point du fléau D, E, A, également diſtant de l'axe de chaque côté, parcourt & décrit des arcs égaux, tels que D F, D F, E G, E G, & A K, A K ; & chacuns des points, pris de chaque côté de l'axe ſur le fléau, décrivent, en tems égaux, des arcs ou des cercles proportionnels. Les arcs décrits ſont les eſpaces que parcourent chaques points du fléau ; ces eſpaces ſont entr'eux comme les vîteſſes des points qui les décrivent : ainſi, dès que la balance commence à ſe mouvoir, les eſpaces que parcourent chaques points du fléau, ou les vîteſſes de ces différens points ſont proportionnelles aux diſtances de ces points à l'axe. C'eſt pourquoi on pourra prendre indiſtinctement, lorſque le beſoin en ſera, les diſtances à l'axe, à la place des eſpaces ou des vîteſſes.

§. CCCLXXXV. Ces diſtances, multipliées par les poids, ou par les puiſſances, expriment les *momens* de deux poids en repos qui ſont en équilibre entr'eux, s'ils ſont égaux de part & d'autre, & qu'ils agiſſent ſelon des directions contraires. Mais en eſt-il de même lorſque les machines commencent à ſe mouvoir, & lorſqu'une balance ou un levier décrit de part & d'autre des arcs égaux ? alors ce ne ſont plus de ſimples preſſions, mais des forces qu'il faut conſidérer dans des corps qui ſont en mouvement, ainſi qu'il eſt indiqué par le Chap. 6. Dans l'un & dans l'autre cas le réſultat eſt toujours le même ; puiſque, quand les corps ſont en équilibre entr'eux, ils agiſſent les uns contre les autres avec la plus petite action poſſible. En effet, ſoit la balance A B [*Tab.* 3. *fig.* 11.], aux extrêmités de laquelle

pendent librement les corps A & B ; quel eſt le point du fléau où l'axe C doit être placé pour que ces deux corps ſoient en équilibre ? Solution. Soit la longueur du fléau $AB = c$, la diſtance cherchée $AC = x$; on aura $CB = c - x$: lorſque la balance commence à ſe mouvoir, les corps A & B décrivent des arcs ſemblables, qui expriment la vîteſſe avec laquelle ils ſont mûs. Par conſéquent les *momens* de ces corps ſeront comme leurs maſſes multipliées par le quarré de leurs vîteſſes, ou par le quarré des arcs qu'ils décrivent, ou enfin par celui de leurs diſtances à l'axe. Cela poſé, le *moment* du corps $A = Axx$, celui du corps $B = Bcc - 2Bcx + Bxx$. Comme cette action doit être un *minimum*, on aura $2Axdx + 2Bxdx - 2Bcdx = 0$; par conſéquent $2Axdx + 2Bxdx = 2Bcdx$: & diviſant par $2dx$, on aura $x = \frac{Bc}{A+B}$, ou $A + B : B :: c : x$; & on trouvera toujours la même choſe par la ſuite. Mais, pour une plus grande facilité, nous ne conſidérerons l'action des corps que comme de ſimples preſſions.

§. CCCLXXXVI. On dit qu'une balance eſt en équilibre lorſque l'effort des poids, qui ſont ſuſpendus aux extrêmités de ſes deux bras, eſt égal de part & d'autre ; alors la balance reſte en repos, & l'aiguille répond à la pointe qui eſt fixée au milieu de la partie ſupérieure de la châſſe.

§. CCCLXXXVII. Si, à égales diſtances, A c, A c [*Tab.* 3. *fig.* 12.] de l'axe c, on ſuſpend de part & d'autre des poids égaux R, R ; ſi la balance vient à ſe mouvoir, ces poids parcourront des eſpaces égaux, & auront par conſéquent des forces égales : ſi on abandonne alors la balance à elle-même, elle demeurera en repos, parceque le *moment* de l'un de ces poids détruira, par ſa direction oppoſée, le *moment* de l'autre poids, qui ſe fait ſentir en ſens contraire. De quelque maniere que cette balance ſoit poſée, il y aura toujours équilibre ; parceque les lignes de direction de la gravité des poids a r, a r, b b, b b, ſont à égales diſtances c r, c r, c b, c b du centre du mouvement c, à cauſe des triangles c a r, = c a r, & c b b = c b b.

§. CCCLXXXVIII. Plus les diſtances des poids à l'axe ſeront grandes, & plus les poids feront d'effort, lequel croîtra toujours en raiſon directe de cette diſtance à l'axe ; parceque les eſpaces que ces poids auront à parcourir croîtront dans la même proportion : d'où il paroît évidemment que les balances, dont les bras ſont plus longs, ſont miſes en plus grand mouvement que celles dont les bras ſont plus courts, & qu'elles indiquent mieux le véritable poids des corps. Et c'eſt pour cela que les plus longues balances ſont toujours préférables, toutes choſes égales d'ailleurs, à celles qui ſont plus courtes.

§. CCCLXXXIX. Si, aux extrêmités des bras d'une balance ACA [*Tab.* 3. *fig.* 13.], on ſuſpend, à égales diſtances de part & d'autre de l'axe C, des poids égaux b, b, c, c, d, d, e, e, le *moment* de ces poids, contre chaque bras de la balance, ſera égal ; & il y aura équilibre (§. 387), & la balance reſtera immobile dans toute ſituation quelconque. Si on conçoit que tous ces poids ne faſſent plus, de part & d'autre, qu'une ſeule & même maſſe, il n'y aura encore rien de changé dans l'égalité des *momens* reſpectifs : c'eſt ainſi qu'on peut ſe former l'idée d'une balance matérielle, qui ne ſeroit pas encore

chargée de baſſins, ni de poids, & à laquelle on peut appliquer tout ce que nous avons expliqué dans les (§. 387, 388).

§. CCCXC. *Si des poids égaux R, R [Tab. 3. fig. 14.] ſont appliqués, de part & d'autre de l'axe C, à des diſtances égales A C, A C, & qu'ils ſoient ſuſpendus à des fils flexibles, A R, A R, leurs momens, dans quelque ſituation que ſe trouve la balance, ſeront égaux ; & il y aura équilibre, de quelque longueur que ſoient les fils aux extrêmités deſquels ces poids ſont ſuſpendus.* Si la balance eſt dans une ſituation inclinée à l'horiſon a C a, les directions de la gravité de ces poids ſeront a r, ar : & ils agiront de même que s'ils étoient ſuſpendus aux points B & B, également diſtans de l'axe C : parceque les triangles a B C, a B C ſont encore égaux. Le *maximum* de ces poids ſe fait ſentir lorſque la balance eſt dans une ſituation parallele à l'horiſon ; & il diminue d'autant plus, que la ſituation du fléau s'éloigne davantage de cette direction.

§. CCCXCI. Si la balance A C A [*Tab.* 3. *fig.* 14.] eſt chargée d'un côté d'un poids plus peſant que celui qui eſt ſuſpendu à l'autre extrêmité, les momens de ces poids ſeront inégaux ; la balance ſe mouvera juſqu'à ce que ſon fléau ait acquis une ſituation perpendiculaire à l'horiſon : le bras qui porte le poids le plus peſant, deſcendant en-bas, & élevant, par ſa chûte, le bras qui eſt moins chargé ; ce qui feroit que la balance ordinaire ne feroit pas d'un uſage aſſez commode, ſi elle n'étoit pas conſtruite autrement.

§. CCCXCII. Si le centre du mouvement C [*Tab.* 3. *fig.* 15.] eſt placé au-deſſus du fléau A B, & qu'on ſuſpende ; à des diſtances égales, C A & C B de l'axe C, des poids égaux, leurs momens ſeront égaux, tant que le fléau de la balance demeurera dans une ſituation parallele à l'horiſon : mais ſi la balance devient inclinée, ſelon la direction a Z b, le bras Z b deſcendra ; parceque la direction du poids Q ſera éloignée du centre du mouvement C, de la quantité C E : or ſi on conduit la perpendiculaire C K, on aura $KM = CE$, & $KL = CD$; le bras Z a ſera donc élevé, puiſque la direction du poids P n'eſt éloignée du centre du mouvement C que de la quantité $CD < CE$. En effet, puiſque les triangles b o M, a o L ſont ſemblables, on a la proportion $Mo : oL :: ob : oa$; or b o eſt plus grand que a o, de la quantité o r ; donc $oM > oL$, & $KM = CE$, eſt plus grand que $KL = CD$: par conſéquent o b, en deſcendant, acquiert une force qui le fait remonter en ſens contraire au-deſſus de la ſituation parallele à l'horiſon ; il ſera donc obligé de retomber, & de continuer à faire des vibrations, juſqu'à ce que la balance ſoit parvenue dans une ſituation A B, parallele à l'horiſon.

§. CCCXCIII. Si les poids P & Q, qui ſont ſuſpendus à la balance précédente [§. 392], ſont un peu inégaux, & que le poids P ſoit plus peſant que le poids Q, le bras C a de la balance ſera abaiſſé, & élévera le bras C b ; juſqu'à ce que le poids Q, en s'éloignant du centre du mouvement C, ait acquis une force égale à celle de P : ce qui arrivera lorſque $Q \times CE = P \times CD$. La balance, étant ainſi poſée de biais, fera connoître de quel côté eſt le plus grand poids ; & alors elle ne fera aucun balancement, & ne ſe renverſera pas non plus ſur une de ſes extrêmités, comme celle du (§. 391).

De

De forte qu'une balance conftruite de cette façon, fera beaucoup plus commode pour les ufages qu'on en voudra faire : il arrivera encore la même chofe, fi on a foin, dans la conftruction de la balance, de placer le centre de gravité au-deffous du centre du mouvement.

On a coutume, dans la conftruction de toutes les balances, de ne pas placer l'axe dans le centre même du fléau, où fe trouve le centre de gravité ; mais de le placer un peu au deffus, & que les yeux, auxquels font fufpendus les baffins, foient placés avec le centre du mouvement, ou l'axe, dans une même ligne droite : néanmoins plus le centre du mouvement eft rapproché du centre de gravité, & plus la balance eft exacte & mobile.

§. CCCXCIV. Si on éleve fur le milieu C [*Tab.* 3. *fig.* 16.] de la balance A B, une verge qui ait quelque pefanteur, elle n'apportera aucun changement tandis que la balance fera parallele à l'horifon ; mais fi la balance devient oblique à l'horifon, & qu'elle acquere la fituation a C b, il n'en fera pas ainfi. Concevons en effet une ligne perpendiculaire E F, tirée du centre de penfanteur de la verge E ; la pefanteur de cette verge agira alors fur le bras C B, & le fera defcendre. Pour rendre l'action de la verge E inutile, il ne s'agit que de mettre au-deffous de la balance A B, à l'oppofite de la verge E, une autre verge C K, égale à celle qui eft au-deffus ; ou fi elle eft plus courte, on ajoûtera au bas le poids K, de façon que la verge & fon poids K foient en état de faire équilibre à la verge E : mais pour empêcher que cette verge C K, & le poids qui eft au bas, ne caufent quelqu'obftacle dans l'ufage de la balance, on fubftitue à leur place une piece d'acier R S T [*Tab.* 3. *fig.* 17.], & on place cette piece au milieu de la partie inférieure du fléau, où elle produit le même effet que la verge C K, munie de fon poids K. Il peut même arriver, qu'en faifant ufage de la piece R S T, le centre de gravité s'éleve plus haut, quoiqu'il foit placé au-deffous de l'axe.

§. CCCXCV. L'axe de la balance & la châffe doivent porter tout le poids qui eft fufpendu de chaque côté de la balance, ainfi que la pefanteur de la balance elle-même ; il faut donc pour cela que le tranchant de l'axe foit obtus, pour qu'il ne cede point à l'effort du poids qu'il fupporte, & qu'il ne fe brife pas, ou au moins qu'il ne fe courbe pas.

Outre cela il eft néceffaire, pour la perfection de la balance, que l'axe qui traverfe de part & d'autre le fléau forme une ligne droite, & qu'il foit fixe dans le fléau, de maniere que les angles qu'il forme avec lui foient droits.

§. CCCXCVI. Quoiqu'on ait coutume d'employer une matiere très dure, telle que le fer ou l'acier, pour conftruire les fléaux des balances, cette matiere néanmoins n'eft pas tout-à-fait inflexible ; & il arrive de-là que fi la balance eft fort chargée à fes deux extrêmités, le fléaux cede un peu à cet effort, fes deux bras fe courbent, & le centre du mouvement s'éleve à proportion : ce qui rend la balance moins mobile. Pour obvier à cet inconvénient, qui n'eft pas de peu de conféquence, il faut avoir foin de proportionner les balances aux poids qu'on veut pefer ; il faut fe fervir de fléaux extrêmement épais pour pefer des poids qui font fort lourds, & de balances très délicates pour pefer de très petits poids ; & prendre des balances

dont les fléaux puissent faire une certaine résistance pour peser des poids ordinaires.

2°. Quoique l'axe & la châsse de la balance soient faits d'acier bien trempé ; néanmoins, comme la partie de cet axe, qui porte sur les yeux de la châsse, est tranchante, lorsque la balance est chargée, & du poids des marchandises qu'on pese, & du contrepoids qui sert à les peser, il peut fort bien arriver que l'axe forme une excavation dans la châsse, & qu'il penche d'un côté ou d'un autre, ou même qu'il se renverse des deux côtés du fléau : il peut encore arriver que la pression émousse le tranchant de l'axe, & qu'il se courbe ; ce qui rend la balance moins mobile. Lorsqu'une balance est chargée d'un poids considérable, le frottement de l'axe sur la châsse en devient plus grand à proportion ; c'est pourquoi, si on doit peser des fardeaux qui soient très lourds, il faut avoir l'attention de ne les peser que par partie, & de ne jamais surcharger la balance.

3°. Il faut aussi avoir attention à ce que les bassins soient de même poids, & qu'ils soient suspendus par des chaînes, & non pas par des cordes ; parceque les cordes s'imbibent des parties aqueuses qui surnagent dans l'atmosphere, lorsque l'air est humide, & qu'elles s'en dépouillent lorsque le tems devient sec : ce qui ne se fait pas toujours exactement de part & d'autre.

4°. Il faut outre cela que le tranchant de l'axe, & que les points de suspensions d'où pendent les bassins soient dans la même ligne droite.

5°. Que les deux bras de la balance soient parfaitement égaux ; c'est-à-dire, que leurs extrêmités soient à même distance de l'axe.

6°. Que le centre du mouvement soit très peu élevé au-dessus du centre de gravité ; on peut consulter, sur la construction d'une bonne balance, *Leupolde* (1), *Leutman* (2), *Euler* (3).

§. CCCXCVII. La balance ACB [*Tab.* 4. *fig.* 1.], dont les bras AC, CB sont inégaux en longueur, se nomme *balance Romaine* ; la châsse de cette balance, & l'aiguille qui doit rouler dans cette châsse, sont placées à une petite distance de l'extrêmité du bras auquel est suspendu un bassin L, ou un crochet. La longue partie du fléau AC, qui reste au-delà de l'axe C, est divisée par des points, ou des lignes, ou même par des dentures qui servent à indiquer la valeur relative d'un poids P, mobile, qu'on fait glisser sur cette partie de la romaine, & qui peut faire équilibre à un poids beaucoup plus pesant, suivant le point où il se trouve placé.

§. CCCXCVIII. Les poids P & L, suspendus, l'un d'un côté, l'autre de l'autre côté de l'axe de cette balance, sont en équilibre entr'eux, lorsqu'étant multipliés par leur distance à l'axe, les produits sont égaux.

§. CCCXCIX. Il y aura donc équilibre entre deux poids P, L, appliqués à cette balance, s'ils sont placés à des distances de l'axe C, qui soient en raison réciproque de leurs masses ; car puisque $P \times PC = L \times DC$, on aura $P : L :: DC : PC$.

§. CCCC. Il suit de-là que le même poids P, placé à différentes distances de l'axe C, sur le long bras AC, peut faire équilibre à différens poids qu'on

(1) Theat. Static. p. 1. (2) Commentar. Petropolit. v. 2. (3) Commentar. Petropolit. v. 10.

mettroit dans le baſſin L ; car plus P eſt éloigné de l'axe C, plus ſon effort devient grand, & il devient par-là propre à faire équilibre à de plus grands poids : ce qui eſt le premier avantage qu'on trouve dans ces ſortes de balances.

§. CCCCI. L'axe de cette eſpece de balance ne porte que la peſanteur des deux corps P, L, & non point tout l'effort qu'ils font l'un contre l'autre ; d'où il ſuit que l'axe eſt bien moins chargé, & peſe beaucoup moins ſur les yeux de la châſſe, & par conſéquent peut moins être émouſſé dans ces ſortes de balances, que dans les balances ordinaires, qui peſeroient de ſemblables poids : c'eſt pour cette raiſon que la balance Romaine eſt plus mobile ; ce qui eſt un ſecond avantage de cette eſpece de balance.

§. CCCCII. On peut comprendre, par tout ce que nous venons de dire, les différentes eſpeces de balances ſimples qu'on peut conſtruire ; car il peut ſe faire que le contre-poids P [*Tab.* 4. *fig.* 1.] ſoit mobile ſur le plus long bras C A de la balance. 2°. Ou que le baſſin & les marchandiſes qu'il contient ſoient eux-mêmes mobiles ſur ce bras, le contre-poids étant fixé à l'extrêmité du plus petit bras, comme en P [*Tab.* 4. *fig.* 2.] 3°. Ou que le contrepoids, étant fixé en P [*Fig.* 3.], que l'axe C puiſſe ſe mouvoir de A en P, juſqu'à ce qu'on ait rencontré l'équilibre ; on peut, dans cette eſpece de balance, ſuſpendre aux deux extrêmités des bras des baſſins, afin d'étendre davantage ſon uſage (1). Il faut rapporter à la premiere de ces trois eſpeces de balances celle dont les Chinois font uſage, qui n'eſt autre choſe qu'un bâton B A [*Tab.* 4. *fig.* 4.], à une des extrêmités B duquel pend un baſſin L, dans lequel on place ce qu'on veut peſer : ce bâton eſt percé en C, & on fait paſſer par ce trou un cordon D E, qui porte un gros nœud en D, afin qu'il ne puiſſe pas traverſer & paſſer au-delà du trou ; ce cordon fait l'office d'axe : ſur le bâton D A, diviſé en pluſieurs parties, gliſſe un contre-poids P, qui pend à l'extrêmité d'un cordon. Pour rendre le ſervice de cette balance plus général, il y a trois eſpeces de diviſions gravées ſur la longueur du bâton C A, & on la tient ſuſpendue par trois cordons différens D, F, G ; & dans les différens uſages qu'on en fait, le baſſin eſt toujours ſuſpendu à l'extrêmité B du bâton B A, & le contrepoids gliſſe toujours à différentes diſtances d'un des trois axes ou cordons. Le célebre *Lambert* a imaginé d'autres eſpeces de balances, qui ſont toutes fondées ſur le même principe : parmi ces différentes eſpeces, voici la principale, à laquelle j'ai fait quelques changemens, pour la rendre d'un uſage plus étendu (2).

C D E [*Tab.* 4. *fig.* 5.] eſt un quart de cercle qui eſt ſolidement établi ſur un pied G K ; en C A ſont placées trois poulies mobiles qui ſe meuvent ſur le même axe I, dont les diametres ſont entr'eux comme les nombres 2, 3, 6 : poſtérieurement à ces poulies eſt attachée une regle d'une certaine peſanteur M N, dont le centre de gravité eſt en P ; chaque poulie eſt enveloppée d'un fil de ſoie : celui qui ſe voit extérieurement N A B, paſſe ſur la gorge de la plus grande poulie ; on apperçoit les deux autres en F & en G. Dans la figure qui eſt ici tracée, le baſſin L eſt attaché à l'extrêmité du fil A B ; & c'eſt dans ce baſſin, ainſi ſitué, qu'on met les plus petits poids qu'on

(1) Journal des Savans, ann. 1680. p. 309. (2) Acta Helvetica, vol. 3. p. 13.

veut eſtimer, ſinon on ſuſpend le baſſin à l'un ou à l'autre des deux cordons F, G, ſi le baſſin L eſt vuide, & que la regle M N deſcende au point o : on peut diviſer alors le quart de cercle, ou mathématiquement, ou en tâtonnant. Dans ce dernier cas on jettera dans le baſſin une dragme, & on marquera l'endroit où la regle M N s'élevera, & on continuera ainſi de ſuite, en mettant dans le baſſin L pluſieurs dragmes les unes après les autres, juſqu'à ce que la regle M N ſoit parvenue au point E, point auquel on a attaché un obſtacle inſurmontable, afin que la regle M N ne puiſſe paſſer outre, lorſqu'on met un poids trop conſidérable dans le baſſin L. On réitérera le même procédé en ſuſpendant ſucceſſivement le baſſin L à l'extrêmité des cordons F & G, & on aura par ce moyen trois diviſions différentes, tracées les unes au-devant des autres, qui indiqueront la valeur des poids placés dans le baſſin L, ſuſpendu à l'un des trois cordons B, F, G. De cette maniere on aura une balance, à l'aide de laquelle il ne ſera pas néceſſaire, pour trouver l'équilibre avec les choſes qu'on voudroit y peſer, de promener un contrepoids à différentes diſtances du point d'appui, le ſeul centre de gravité de la regle M N s'élevant, ou s'abaiſſant, étant ſuffiſant pour indiquer ce qu'on cherche. En effet plus la regle M N s'élevera, plus ſon centre de gravité P s'éloignera de la perpendiculaire abaiſſée de l'axe des poulies ſur l'horiſon, tandis que le baſſin L demeurera toujours à même diſtance du centre du mouvement I; c'eſt pourquoi on aura cette égalité L, conjointement avec le poids dont il eſt chargé, $\times$ AC $=$ P $\times$ SP; & par conſéquent on aura cette proportion, L : P : : S P : A I.

Lorſque les choſes qu'on veut peſer ſont d'un poids conſidérable, il faut adapter à l'extrêmité M de la regle N M un poids cylindrique qui eſt percé, qui, par ce moyen, peut embraſſer l'extrêmité M, qui ſe termine en pointe, & ſur laquelle on l'arrête, à l'aide d'une vis. Dans ce cas la regle N M devient plus peſante à diſcrétion, & l'uſage de la balance en devient plus étendu. Néanmoins il eſt bon d'obſerver que la regle M N, ſe mouvant avec ſon axe cylindrique, dans une cavité proportionnée au diametre de cet axe, & non pas ſur un tranchant, la mobilité de cette regle eſt beaucoup moindre; & l'expérience même démontre que cette eſpece de balance n'eſt pas ſi propre que les balances ordinaires pour eſtimer la peſanteur des choſes qui ne peſent que très peu.

Toutes les balances qui ſe meuvent ſur des axés cylindriques ſont expoſées au même inconvénient; ce qui n'arrive pas à celles dont les axes ſont taillés en couteau: auſſi les premieres ſont-elles plus belles dans la théorie que bonnes dans la pratique.

Il y a encore une autre eſpece de balance que nous allons décrire. A B C [*Tab. 4. fig. 6.*] eſt un reſſort d'acier courbé en rond vers B, afin qu'il puiſſe bâiller, ainſi qu'on peut le remarquer en A C; au point D eſt fixé un arc de cuivre D F qui eſt gradué, dont l'extrêmité paſſe par une ouverture faite en F : l'extrêmité F de cet arc eſt percée d'un trou propre à recevoir l'anneau G, dans lequel celui qui veut eſtimer la valeur d'un poids paſſe le doigt; outre ce premier arc, il en eſt un ſecond I L, qui eſt attaché fixement au point I, & qui paſſe par le trou L, pratiqué dans l'épaiſſeur du reſſort à cet endroit : l'extrêmité O de cet arc eſt auſſi percée d'un petit trou pour rece-

voir le crochet P, auquel on ſuſpend les choſes dont on veut connoître le poids ; lorſque le fardeau qui eſt ſuſpendu en P tire à lui, & fait deſcendre l'arc I L, les deux branches A B & B D du reſſort s'approchent l'une de l'autre : l'arc D F, dans le même tems, s'éleve au-deſſus de la branche A B, & le nombre des graduations qui excedent cette branche, indique le poids du corps ſuſpendu au crochet P.

§. CCCCIII. On peut comprendre actuellement ce que c'eſt qu'une balance exacte, & ce qu'on entend par une balance trompeuſe ; la premiere eſt celle dont les deux bras ſont parfaitement égaux ; la ſeconde eſt celle dont un des bras C A [*Tab.* 4. *fig.* 7.], eſt plus long que l'autre C B. Supposons que la longueur du bras C A = 6, & celle de C B = 5 ; alors celui qui veut frauder & vendre à faux poids place ſa marchandiſe dans le baſſin P, & le contre-poids dans le baſſin M. Si le poids M = 6 ℔, le poids de la marchandiſe placée en P = 5 ℔. Il opérera tout différemment s'il veut lui-même acheter quelque choſe au poids ; il placera alors la marchandiſe dans le baſſin M, & le contre-poids dans le baſſin P ; parceque, dans ce dernier cas, ſi le poids de la marchandiſe = 6 ℔, le poids qui eſt en P = 5 ℔.

§. CCCCIV. On peut cependant connoître le véritable poids d'un corps quelconque, à l'aide d'une balance trompeuſe ; voici comment il faut s'y prendre. Cherchez l'équilibre entre la choſe que vous placez dans un des baſſins, & les poids que vous mettez dans l'autre ; changez après cela de baſſin la marchandiſe & les poids, & recherchez de nouveau l'équilibre, en vous aſſurant à chaque fois du poids qu'il faut mettre pour équilibrer la marchandiſe : multipliez enſuite les deux poids trouvés l'un par l'autre ; prenez la racine quarrée du produit que vous aurez formé : cette racine ſera exactement le poids cherché. Par exemple, que le poids d'une marchandiſe, placée dans le baſſin qui ſera ſuſpendu au bras le plus court de la balance, ſoit appellé m, nommez p le contre poids qui pend à l'extrêmité du bras C A : placez enſuite la marchandiſe dans le baſſin oppoſé, & que le poids qu'il faut mettre dans l'autre baſſin, pour faire équilibre, ſoit nommé q ; dans le premier cas vous aurez $m \times BC = p \times AC$, & dans le ſecond cas, vous aurez $m \times AC = q \times BC$: multipliez les termes les uns par les autres, vous aurez $mm \times BC \times AC = pq \times AC \times BC$. Diviſez après cela chaque produit par $BC \times AC$, il reſtera $mm = pq$; & par conſéquent $m = \sqrt{pq}$, qui ſera le véritable poids de la marchandiſe : & comme ce poids eſt au contre poids qui la tient en équilibre, ainſi ſont entr'elles réciproquement les diſtances au centre du mouvement ; car on a cette proportion $m : p :: AC : BC$.

§. CCCCV. On peut encore comprendre fort aiſément comment, au moyen de la balance A C B [*Tab.* 4. *fig.* 8.], dont les bras ſont égaux, différens poids placés de part & d'autre, à différentes diſtances du centre du mouvement, ſont en équilibre entr'eux, chaque fois que le *moment* de ces poids, ſur un des bras de cette balance, eſt égal au *moment* des autres poids ſur le bras oppoſé de la même balance. Que chaque bras de cette balance ſoit diviſé en parties égales ; ſur la premiere diviſion du bras C A ſoit placé un poids = 3, le *moment* de ce poids = 3 : qu'un autre poids = 8 ſoit

placé à la troisieme division de ce même bras, son *moment* = 24, & la somme de ces deux *momens* = 27. Qu'à la quatrieme division du bras opposé CB soit placé un poids = 6, le *moment* de ce poids = 24; qu'un autre poids = 1 soit placé à la troisieme division, le *moment* de ce dernier = 3 : & la somme de ces deux *momens* = 27; somme qui est égale à celle qui exprime le *moment* que les autres poids exercent contre le bras opposé, & qui par conséquent doit produire l'équilibre entre les poids qui sont appliqués sur les deux bras de cette balance.

§. CCCCVI. On peut encore savoir, par ce que nous avons dit, comment on peut trouver le centre du mouvement E, & d'équilibre dans une balance donnée AB [*Tab.* 4. *fig.* 9.], un P étant donné. Supposons que le centre de gravité de la balance soit en C, & que son poids = Q, soit conçu comme suspendu au point C; alors on aura Q + P : P :: AC : EC : par conséquent $EC = \frac{P \times AC}{Q + P}$.

§.CCCCVII.Soit une balance AB [*Tab.*4.*fig.*10.], à laquelle soient suspendus les poids P, F, R, dans la longueur de laquelle on cherche un point où il faille poser le point d'appui pour avoir l'équilibre.Que le centre de gravité de cette balance soit en C; & que son poids = Q soit conçu comme suspendu au point C; & on concevra ensuite la balance comme si elle étoit dépourvue de pesanteur. Si on prend d'abord deux poids F & R, qui soient éloignés l'un de l'autre de la quantité DG, & qu'on cherche le centre commun de gravité de ces deux poids, qui se trouve être en M; il faut alors concevoir ces deux poids F + R, comme réunis en un seul qui seroit suspendu au point M : il faut, après cela chercher le centre commun de gravité de ce poids F + R & du poids Q; &, en supposant qu'il soit en N, il faut concevoir que ces poids Q + F + R, réunis en un seul, sont appliqués à ce poids N. Si pour lors on cherche le centre commun de gravité des poids Q + F + R, & du poids P, le point E, qu'on trouvera, sera le point cherché, & sous lequel il faudra placer le point d'appui, pour tenir en équilibre la balance & les poids dont elle sera chargée.

§. CCCCVIII. Deux poids étant donnés, F, D [*Tab.* 4. *fig.* 11.], lesquels, étant suspendus à la balance AKB, sont en équilibre autour du point K; le poids de la balance qu'on ne connoît pas, sera égal à 2 CK, multipliés par F, moins 2 KG, multipliés par D, divisés par KB, moins AK.

Supposons que la longueur KA du fléau = a, & que la longueur KB de l'autre partie du fléau = b; que la distance KC du point d'appui K = c, d'où pend le poids F = f; que la distance KG, du même point d'appui K = g, & que le point D, qui pend à cette distance = d : enfin que le poids de toute la balance = x.

On aura dans cette hypothese, la longueur entiere de la balance = a + b, est à la partie a, comme le poids X est à $\frac{ax}{a+b}$, qui sera le poids du bras KA. Concevons ce poids comme transporté au centre de gravité, qui se trouve au milieu du bras dont nous venons de parler; savoir, $\frac{1}{2}$a : son *moment* sera donc $= \frac{1}{2}a \times \frac{ax}{a+b} = \frac{1}{2}\frac{aax}{a+b}$, le *moment* du point F = cf; le

poids du bras KB se trouvera, en formant cette proportion, $a+b:b::x\ \frac{bx}{a+b}$; ce poids dépendra donc du centre de gravité de ce bras, & conséquemment son *moment* sera $=\frac{bx}{a+b}\times\frac{1}{2}b=\frac{1}{2}\frac{bbx}{a+b}$. Mais le *moment* du poids $D=dg$, & les momens des deux bras sont égaux; par conséquent $cf+\frac{1}{2}\frac{aax}{a+b}=dg+\frac{1}{2}\frac{bbx}{a+b}$: donc $2cf-2dg=\frac{bbx-aax}{a+b}=bx-ax$, & $\frac{2acf-2adg+2bcf-2bdg}{bb-aa}=x$, ou $\frac{2cf-2dg}{b-a}=x$. Ceux qui seront curieux de voir cette matiere traitée dans un plus grand détail, pourront consulter *Jacq. Bernouilly* (1).

§. CCCCIX. Soient deux poids A & B [*Tab.* 4. *fig.* 1.], suspendus à une balance dépourvue de pesanteur, dont le centre commun de gravité soit en X; soit à une distance de ces corps un plan CD, parallele à l'horison, sur lequel on mene les perpendiculaires AC, BD: que du point X on tire XO, parallele à AC; dans cette hypothese le produit des poids multipliés par les distances AC, BD, est égal à la somme des poids, multipliés par la distance du centre de gravité XO, au même plan CD.

Soit $AX=a$, $BX=b$, $AC=c$, $BD=d$, $Xo=e$;

On a $A:B::b:a::BX:AX$.

Soit menée la ligne BZ, parallele à CD, & AY parallele à CD, qui rencontrent OX prolongée jusqu'en Z: on aura

$BX:AX::ZX:YX$;

Et $ZX=ZO-OX=BD-XO=d-e$:

Et $YX=OX-OY=OX-AC=e-c$.

Donc $A:B::d-e:e-c$.

Et $Ae-Ac=Bd-Be$:

De là $Ae+Be=Bd+Ac$,

Ou $\overline{A+B}\times e=Bd+Ac$, & $e=\frac{Bd+Ac}{A+B}$.

On pourra de cette maniere trouver le centre de gravité de plusieurs corps. 1°. Il faut le chercher relativement à sa distance à un plan quelconque. 2°. Il faut ensuite le chercher, par rapport à la distance, à un autre plan perpendiculaire au premier. 3°. Il faut encore chercher sa distance à un troisieme plan perpendiculaire aux deux premiers; & de cette maniere on parviendra à déterminer le véritable centre de gravité de plusieurs corps.

Du Levier.

§. CCCCX. On donne le nom de *levier* à un corps long, inflexible, des-

(1) Jacq. Bernouilli Oper. Vol. 1. p. 191.

tiné à mouvoir des corps, à foutenir des fardeaux, ou à les élever. *Pline* croit que ce fut *Cynira*, fils d'*Agriope*, de l'Isle de Chypre, qui fut l'inventeur du levier (1).

§. CCCCXI. Le corps qu'on place fous le levier, & fur lequel il fe meut à la maniere d'un compas, comme fur le centre de fon mouvement, s'appelle le *point d'appui*, la *bafe*, l'*hypomoclion*, le *centre du mouvement* du levier. La partie la plus courte du levier, celle qu'on infere fous le fardeau, fe nomme la *langue* du levier; & la plus longue partie du levier, à laquelle la puiffance eft appliquée, eft appellée la *tête* du levier.

§. CCCCXII. Si on veut démontrer aifément la nature du levier & fes propriétés, il faut le confidérer comme une ligne mathématique. Les Méchaniciens diftinguent trois efpeces de leviers.

1°. *La premiere efpece de Levier* eft celle dans laquelle le point d'appui eft placé entre la puiffance & le fardeau.

2°. *La feconde efpece* eft celle dans laquelle le levier eft tellement difpofé, que le fardeau eft placé entre le point d'appui & la puiffance.

3°. Dans *la troifieme efpece*, la puiffance eft placée entre le point d'appui & le fardeau.

§. CCCCXIII. La puiffance mouvante qui eft appliquée à un levier, eft quelquefois la main d'un homme; mais cette puiffance, ainfi que je l'ai déja obfervé (§. 355), peut être comparée à un poids qui produiroit le même effet.

§. CCCCXIV. Le levier de la premiere efpece A C B [*Tab.* 5. *fig.* 2.], n'eft point différent de la balance ordinaire, ou d'une balance Romaine; c'eft pourquoi on peut rapporter ici ce que nous avons expofé (§. 399, 400). On aura donc, dans cette efpece de levier, la proportion fuivante: la puiffance P, appliquée à la tête d'un levier, eft au poids D, placé à l'autre extrêmité du même levier, comme A C : C B, dans le cas où il y auroit équilibre.

Ce que nous venons de dire peut encore s'appliquer au *guindal*; dans le cas où un levier A C B [*Tab.* 5. *fig.* 3.], étant fufpendu vers fa partie mitoyenne au point C, par le moyen d'une chaîne E C, fur laquelle il fe meut & fait fes révolutions, le fardeau D, eft alors appliqué à l'extrêmité A, & la puiffance P agit contre fon autre extrêmité B: fouvent cette puiffance eft appliquée folitairement, &, par le moyen d'une corde, à cette extrêmité; & fouvent auffi elle y eft aidée par le fecours de deux poulies, lorfque le fardeau qu'il faut élever eft très confidérable; mais, dans ce dernier cas, cette machine devient compofée. Dans l'un & l'autre cas, le poteau G H eft planté folidement en terre. Les Marins font ufage de cette machine, lorfqu'il faut charger fur des vaiffeaux d'immenfes fardeaux, ou lorfqu'il faut les en décharger. On fe fert encore quelquefois de cette machine pour tirer de l'eau d'un puits; ainfi qu'on peut le remarquer en A C B [*Tab.* 5. *fig* 4.]: la plus courte partie A C, à laquelle eft attaché le feau, eft en équilibre avec l'autre partie C B, & fon poids B lorfque le feau eft rempli d'eau. Lorfqu'on veut faire ufage de cette machine pour puifer de l'eau, il faut

(1) Hift. Nat. Lib. 7. cap. 45.

néceffairement

néceſſairement ſaiſir avec la main la corde qui ſuſpend le ſeau, ou le bâton A E, auquel elle eſt attachée, & abaiſſer le guindal, afin que le vaſe D puiſſe plonger dans l'eau & s'en remplir. Lorſque le ſceau eſt rempli, comme il eſt en équilibre avec le poids B, le moindre mouvement de la main ſuffit pour le faire monter; &, dans cette expérience, le plus grand effort de la puiſſance n'eſt employé que pour faire deſcendre le ſeau : mais comme on abaiſſe plus aiſément un fardeau, en le tirant avec le bras, qu'on ne le fait monter, le guindal eſt d'un uſage fort avantageux en pareille occaſion.

§. CCCCXV. Pour qu'il y ait équilibre, lorſqu'on ſe ſert d'un levier du ſecond genre, il faut que la puiſſance P [*Tab.* 5. *fig.* 5.], appliquée à l'extrêmité B du levier, ſoit à la réſiſtance placée en D : : C D : C B; car ſi le levier ſe meut ſur ſon axe C, l'eſpace parcouru par le fardeau D, ſera proportionnel à ſa diſtance C D de l'axe C : & ſon effort ſera = D × D C. Pareillement l'eſpace parcouru par la puiſſance P ſera proportionnel à ſa diſtance C B à l'axe C, & ſon effort ſera = P × C B; & pour qu'il y ait équilibre, il faut que P × C B = D × D C, & par conſéquent qu'on ait la proportion ſuivante, P : D : : D C : B C.

§. CCCCXVI. Plus le fardeau D ſera près du centre du mouvement C, moins la puiſſance aura d'effort à faire pour le ſoutenir : par conſéquent ſi ce fardeau D eſt placé ſur le point d'appui C, la puiſſance P n'aura plus rien à ſoutenir; puiſque tout l'effort du fardeau tombera ſur le point d'appui.

§. CCCCXVII. Pour qu'il y ait équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance, en ſe ſervant d'un levier de la troiſieme eſpece, il faut que la Puiſſance P [*Tab.* 5. *fig.* 6.] ſoit au poids qu'elle doit équilibrer, comme C B : C P. Si le levier vient à ſe mouvoir, l'eſpace parcouru par la puiſſance, ſera proportionnel à C P, & celui que le fardeau parcourra dans le même tems, ſera proportionnel à C B; par conſéquent leurs efforts ſeront C P × P, C B × D : on aura donc P : D : : C B : C P.

La connoiſſance de cette eſpece de levier eſt très néceſſaire aux Médecins; car tous les os de la machine humaine qui ſe meuvent, à l'aide des muſcles qui y ſont attachés, repréſentent des leviers de la troiſieme eſpece.

§. CCCCXVIII. On peut, à l'aide de ce que nous venons de dire, réſoudre le problême d'*Archimede : Une puiſſance étant donnée, mouvoir un poids quelconque avec un levier.*

§. CCCCXIX. Si un levier horiſontal A B [*Tab.* 5. *fig.* 7.] eſt ſoutenu à ſes deux extrêmités par un point d'appui; & qu'un poids quelconque ſoit placé ſur un des points D de ſa longueur, l'effort que le point d'appui B ſupportera, ſera à celui que ſupportera A; comme A D : B D : car ſi, à la place du point d'appui B, on ſubſtitue une puiſſantce, on aura alors un levier du ſecond genre; & alors la puiſſance B ſera à la réſiſtance D : : A D : A B : & ſi, à la place du point d'appui A, on poſe une puiſſance, cette puiſſance ſera au fardeau D : : B D : A B; & par conſéquent B : A : : A D : B D. Si les deux puiſſances étoient des poids qui duſſent ſoutenir le fardeau D, il faudroit que ces deux poids, pris enſemble, peſaſſent autant que le fardeau qu'ils auroient à porter; & par conſéquent ſi, au lieu des deux points d'appui, on met des puiſſances, elles ſupporteront enſemble un poids égal à celui du fardeau D.

§. CCCCXX. Il fuit de-là qu'on peut déterminer quelle partie du poids D [*Tab.* 5. *fig.* 8.] foutiennent deux crocheteurs A, B, qui portent chacun fur leurs épaules le levier A B, chargé du fardeau D. On comprend encore, par ce que nous venons de dire, de quelle maniere il faudroit placer un fardeau fur le levier, pour que Hercule & un enfant portaffent enfemble ce fardeau, & n'en portaffent chacun qu'une partie proportionnelle à leurs forces.

§. CCCCXXI. Si on pofe différens poids, comme D, f, G [*Tab.* 5. *fig.* 9.], fur différens points d'un levier AB, on pourra connoître quelle fera la charge que fupporteront les points d'appuis A & B, fi on vient à déterminer en quel endroit réfide le centre de gravité de ces trois poids & fa direction : fuppofant que ce centre eft en k, fa direction fera exprimée par la perpendiculaire k L, qui tombe fur le point L du levier; on aura donc B : A : : A L : B L.

On connoîtra le centre de gravité des deux poids D & f, en joignant enfemble leur centre particulier de gravité, fi f : D : : D e : e f; alors le point e fera le centre commun de gravité des deux corps D & f. Suppofant maintenant que ces deux corps, D & f, font placés au point e; alors, en tirant la ligne e G au centre de gravité du corps G, fi on a G : e : : e k : k G, le point k fera le centre commun de gravité des trois corps : fi on defcend donc la perpendiculaire k L, on concevra auffi-tôt que tout l'effort de ces corps fe porte fur le point L du levier AB.

§. CCCCXXII. Soit le levier A C [*Tab.* 5. *fig.* 10.], fitué obliquement à l'horifon C B; fi un fardeau eft pofé en D, fur un des points de fa longueur, & que la puiffance P agiffe directement fur l'extrêmité A de ce levier, pour qu'il y ait équilibre entre cette puiffance & le fardeau qu'elle doit foutenir, il faut que l'on ait la proportion fuivante, P : D : : C B : C A. Car la ligne de direction, felon laquelle le fardeau D exerce fon action, eft D B, perpendiculaire à l'horifon; cette ligne eft éloignée du centre du mouvement C, de la quantité C B : par conféquent l'effort du fardeau eft égal à D × C B. La puiffance P eft éloignée du même centre du mouvement C, de la quantité C A; fon action eft donc égale à P × C A; par conféquent, pour qu'il y ait équilibre, il faut que D × C B = P × C A; & conféquemment qu'on ait la proportion fuivante, P : D : : C B : C A.

§. CCCCXXIII. En fuppofant que le fardeau D demeure appliqué fur le même point du levier, plus la puiffance P élevera le levier, & plus elle foutiendra facilement le fardeau, c'eft-à-dire, moins elle aura de poids à foutenir; puifque l'intervalle C B diminuera à proportion que le levier fera élevé. En effet, lorfqu'on éleve le levier A C, le fardeau D, en décrivant un Arc de cercle, dont le centre eft en C, parcourt les points E & G : le fardeau, répondant au point E, n'agit plus qu'à une diftance du centre du mouvement = C F. Lorfqu'il eft parvenu au point G, fa diftance devient = C H. Si on fuppofe deux crocheteurs, qui, devant fe charger du fardeau D, foutiennent les extrêmités du levier C A; P, portera une partie de ce fardeau, qui fera exprimée par C B; & l'autre en foutiendra une autre partie, défignée par A D. Si, dans la figure qui eft ici tracée, le levier C A eft de 13 pouces, C D = 5 pouces, C B = 4 pouces, le fardeau D = 12 ℔; la puif-

ſance appliquée en P, ſera donc chargée de 4 ℔ : & la puiſſance appliquée en C, ſera chargée de 8 ℔ ; puiſque D A = 8 pouces.

§. CCCCXXIV. Si le levier A C eſt matériel, & par conſéquent peſant ; ſi c'eſt, par exemple, une ſolive qui ſoit homogene, & de même groſſeur dans toute ſa longueur, il faudra auſſi faire attention aux poids de ce levier : ſon centre de gravité ſe trouvera au milieu de ſa longueur K, où tout le poids de la ſolive ſera comme tranſporté : alors ſi on tire la ligne K S perpendiculaire à l'horiſon, & qu'on prolonge C B juſqu'en S, on aura C S, diſtance du poids de la ſolive au centre du mouvement C : & la puiſſance P ſera à C : : C S + C B : 2 C A. En nommant K, le poids du levier, on aura la puiſſance appliquée en P eſt à celle qui eſt appliq. en C : : $\frac{K}{AC} + \frac{D}{AC}$: $\frac{K}{CS} + \frac{D}{CB}$. S'il ne s'agiſſoit que de ſoutenir la ſolive A C par un point d'appui B R, qui dût la ſoutenir avec la plus petite force poſſible, & qu'il fallût pour cela déterminer la longueur de C R, point où il faudroit placer ce point d'appui, on trouveroit C K : K S comme le rayon eſt au co ſinus de l'angle K C S, qui eſt de 51°. 50 m'.

§. CCCCXXV. Si on ſuppoſe trois leviers A O, C O, F O [*Tab.5.fig.11*], joints enſemble en O, & que le fardeau ſoit placé ſur le point O ; après qu'on aura tiré les lignes A C, A F, C F, juſqu'à la rencontre deſquelles les leviers ſont conſidérés comme prolongés, on aura la puiſſance F : O : : G O : G F ; la puiſſance A : O : : B O : B A ; la puiſſance C : O : : E O : E C.

En effet ſi la puiſſance F éleve le poids O, à l'aide d'un levier F O, ſon mouvement de rotation ſe fera autour de la ligne A C ; par conſéquent le point G ſera le centre du mouvement, par rapport au levier O F, qui ſera pour lors un levier de la ſeconde eſpece. On aura donc F : O : : G O : G F. De même la puiſſance C, qui éleve le fardeau O, à l'aide du levier C O, fait ſon mouvement de rotation autour de la ligne A F ; le centre de ſon mouvement ſera donc au point E de la ligne A F, & la puiſſance agira encore par un levier de la ſeconde eſpece : on aura donc C : O : : E O : E C. Il en ſera encore de même, par rapport à la puiſſance A ; ſon mouvement de rotation ſe fera ſur C F : le centre de ſon mouvement ſera en B, de ſorte qu'on aura auſſi A : O : : B O : B A.

Il faut encore conſidérer ici le poids des trois leviers dont nous venons de parler ; ce poids ſe fait ſentir ſur le point où ſe trouve leur centre commun de gravité : ſi ce point eſt en O, alors le poids du fardeau O eſt augmenté du poids des trois leviers. On peut non-ſeulement réunir enſemble trois leviers pour agir contre un fardeau, comme on vient de le voir dans l'exemple précédent, mais on en peut joindre un plus grand nombre en un ſeul ou en pluſieurs points, pour ſoutenir un fardeau quelconque. Bien plus, il n'eſt pas même néceſſaire de les unir enſemble par aucun lien quelconque, par aucune cheville ; on peut les diſpoſer de maniere qu'ils ſe ſoutiennent mutuellement les uns & les autres, & qu'on puiſſe les déſunir & les rejoindre lorſqu'on le juge à propos : j'en ai conſtruit moi-même de cette maniere. Les habitans de Cizicle firent conſtruire autrefois de cette même maniere, une ſalle de

conseil ; & on observa religieusement cette méthode pour rétablir le pont de bois de Rome, qui avoit été détruit malgré tous les efforts que fit *Horace Cocles* pour le défendre (1).

§. CCCCXXVI. Soit le levier ACB [*Tab.* 5. *fig.* 12.], aux extrêmités duquel soient appliquées les puissances R, P, qui agissent selon des directions obliques AR & BP. Si, du centre du mouvement C, on tire sur les lignes de direction, ou sur le prolongement de ces lignes, les perpendiculaires CD, & CE, il y aura équilibre entre ces deux puissances, si R : P : : EC : DC; puisque chacune de ces puissances agit également contre tous les points de sa ligne de direction, comme nous l'avons dit (§. 357). On peut concevoir que la puissance R soit appliquée au point D, & la puissance P au point E; & conséquemment que les distances de ces puissances au point d'appui, sont exprimées par DC, & EC : d'où il suit que, pour que l'équilibre soit établi entre ces deux puissances, il faut que la proportion suivante se trouve R : P : : EC : DC.

§. CCCCXXVII. De-là si la puissance S agit perpendiculairement sur CB, & qu'elle soit en équilibre avec la puissance R, cette puissance S sera à la puissance P : : CE : CB; c'est-à-dire, comme le sinus de l'angle CBP, ou CBE, est au sinus total : & les espaces que ces deux puissances, S & P, commenceront à parcourir dans le même tems, seront entr'eux comme CE & CB, qui sont deux rayons de cercles concentriques.

§. CCCCXXVIII. Il suit de-là que la puissance S, qui agit perpendiculairement sur le levier, sera la plus petite de toutes celles qu'on peut employer pour faire équilibre avec la puissance R; puisque $CB \times S = CE \times P$, & que la puissance S agit perpendiculairement sur CB, & que la puissance P doit être d'autant plus grande, qu'elle agit plus obliquement sur le levier CB.

§. CCCCXXIX. Voici une maniere de déterminer la force des puissances qui agissent obliquement sur des leviers : soit tirée de l'extrêmité B [*Tab.* 5. *fig.* 13.], du levier horisontal AB, la perpendiculaire B, sur laquelle, comme sur un diametre, on décrive un cercle qui touchera le levier au point B; que la droite BS exprime la grandeur de la puissance S : si alors cette même puissance est transportée au point P, & qu'elle agisse selon la direction BP, son intensité devient moindre, & = BH. En effet si on tire la perpendiculaire CE sur la ligne PHB, prolongée jusqu'en E, on aura

(1) Ce pont est appellé *Sublicius*, mot qui tire son origine, suivant quelques-uns, des pilotis qui servoient à soutenir le pont : c'est le sens du mot Latin *sublica*. D'autres pensent que ce mot vient de l'ancien mot *licio*, qui exprime l'action de joindre les pieces qui se tiennent ensemble, sans être unies par des liens de fer ou de cuivre, suivant la défense de l'Oracle, à ce que dit *Plutarque*.

Cette idée s'accorde assez avec ce qu'on lit dans le troisieme Livre des Antiquités Romaines, par Denis d'Halicarnasse, qui marque qu'il n'étoit pas permis d'unir aucunes des pieces de ce pont avec aucun ferrement, ou aucune piece de cuivre. On prétend que ce fut *Ancus Martius* qui le fit jetter sur le Tibre : il fut détruit en tems de guerre, & rebâti par *Æmilius* ; d'où il porta ensuite le nom de Pont Æmilien. Il fut regardé comme sacré ; & la commission de le faire réparer fut d'abord confiée aux Pontifes, & ensuite aux Questeurs.

deux triangles semblables C E B, B H S; car l'angle E B C = L B H = B S H: l'angle C E B = B H S, par conséquent E C B = H B S; donc C B : C E :: S B : B H :: le sinus de l'angle B H S : au sinus de l'angle L B H, ou au sinus de l'angle B S H. Les sinus étant donnés, il est aisé de trouver les angles.

§. CCCCXXX. Les deux puissances K & I, qui tirent obliquement, selon les directions B D K, B G I, sont égales lorsque l'arc S F = l'arc S G; & l'action de ces puissances = B F & B G; car si on tire la perpendiculaire C D sur B K, on aura deux triangles semblables B C D, B F S; & conséquemment B C : C D :: S B : B F, & la corde B G = B F : or la puissance I agit selon la direction I G B M, à la distance C M du centre du mouvement C.

§. CCCCXXXI. Soit le leviet A C [*Tab.* 5. *fig.* 14.], dont le centre du mouvement est C; que deux puissances R & P soient attachées à l'autre extrêmité A du levier, & qu'elles le tirent selon des directions obliques A P, & A R : pour que ces deux puissances soient en équilibre entr'elles, il faut qu'on ait la proportion suivante, R : P :: P C : C R, qui sont deux perpendiculaires abaissées du centre C du mouvement sur les deux directions de ces lignes; où il faut que l'on ait R : P :: le sinus de l'angle P A C : au sinus de l'angle R A C.

§. CCCCXXXII. Soit le levier A C [*Tab.* 6 *fig.* 1.], qui soit tiré par les deux puissances P & D, selon les directions A P, & E D; si on conduit des points E & A, les perpendiculaires C D, & C A sur les lignes de direction de ces puissances, il y aura équilibre entre ces deux puissances, si D : P :: C D : C A. Cette proportion est d'une grande utilité pour déterminer la force des *muscles* qui font mouvoir les *bras* lorsqu'on veut élever quelques poids. En effet, soit A B [*Tab.* 6. *fig.* 2.] l'*omoplate*, qui reçoit dans sa cavité la tête C D de l'*humerus*; que C G représente cet os, G K le *cubitus*, ou l'os du coude, auquel est articulé le *carpe*, où sont jointes les *phalanges des doigts*, aux extrêmités desquelles H, pende un poids P. Le muscle *deltoïde* E D F, qui, par sa contraction, éleve le bras, fait que, par ce mouvement, la tête de l'*humerus* touche la cavité de l'*omoplate* au point C, qui est le centre de ce mouvement; si de ce point C on mene la perpendiculaire C D, qui rencontre le *ventre du deltoïde* au point D, où il est en contact avec la tête de l'*humerus* : alors C D pourra être considéré comme une partie d'un levier, à l'extrêmité D de laquelle est appliquée la puissance motrice, & C H comme l'autre partie du même levier, à l'extrêmité de laquelle pend la résistance P. Dans cette hypothese, pour qu'il y ait équilibre entre la puissance & le poids qu'elle doit soutenir, il faut que l'on ait cette proportion, D : P : H C : C D; on trouve quelquefois que H C : C D :: 100 : 3. Mais cette proportion n'est pas constante; parceque le diametre de la tête de l'*humerus* est différent dans différens sujets, & même dans le même homme, suivant qu'il avance en âge, pendant tout le tems de sa croissance. En admettant néanmoins cette proportion, si un adulte soutient en H un poids de 20 ℔, son bras étant tendu, la force de la puissance en $D = \frac{20 \times 100}{3} = 666$: mais la force du *deltoïde* est bien encore plus grande; parceque non-seulement il touche la tête de l'os, vers sa partie supérieure, mais encore

latéralement, d'où fa diftance au centre du mouvement eft plus petite.

Les mufcles, étant difpofés de la maniere que nous venons de l'indiquer, produifent des effets confidérables, avec une très petite action; ils agiffent toujours, par l'extrêmité d'un levier CD, qui eft égal au diametre de la tête de l'os, dans l'*humerus*, parcequ'ils enveloppent de toutes parts cette tête: & par conféquent ils peuvent mouvoir cet os de maniere qu'il décrive un demi-cercle. Dans ce mouvement le *deltoïde* d'un adulte fe raccourcit de 2 pouces; par cette action, le doigt H décrit un arc de demi-cercle, qui eft de deux pieds de rayon. Si ce mufcle, inféré au même point E, étoit difpofé felon la direction ES, il feroit plus éloigné du centre du mouvement C; car fa diftance feroit = CM: & lorfque l'*humerus* feroit élevé ou abaiffé, la diftance CM diminueroit, & par conféquent l'action de ce mufcle, pour mouvoir l'*humerus*, qui eft naturellement conftante, fuivant la difpofition qu'il a plû à l'Auteur de la Nature de lui donner, devroit continuellement varier.

A l'aide des mufcles qui font inférés à des leviers du troifieme genre, les membres du corps de l'homme peuvent faire beaucoup de mouvemens, fans que la forme extérieure du corps devienne difforme, lors même que les parties du corps exécutent des mouvemens très prompts & très violens; & ce qui eft encore à obferver, c'eft qu'aucune puiffance en fe mouvant peu, ne peut produire de grands mouvemens à l'aide d'un levier, s'il n'eft du 3^e^ genre.

§. CCCCXXXIII. Si dans le levier BC [*Tab. 6. fig. 3.*] le point d'appui eft en C, & que les puiffances qui agiffent fur le point B, felon les directions obliques BE, & BG, foient en équilibre; on connoîtra aifément la grandeur de ces puiffances fi on conduit par le point B la ligne DBA, perpendiculaire à BC, & qu'on faffe BA = BD; enfuite que du point A on tire AE, parallele à BC, & DG parallele à la même ligne BC, on aura alors l'intenfité de la puiffance G = DG, & celle de la puiffance E = AE: & par conféquent ces puiffances feront entr'elles comme DG eft à AE. Car, en tant que ces puiffances agiffent l'une contre l'autre, felon des directions égales & oppofées, BA & BD, elles fe détruifent mutuellement; & conféquemment le levier BC doit demeurer en repos, puifque ces puiffances agiffent felon les directions BG & BE. Cette direction eft l'effet des forces exprimées par BD, DG, & BA, AE; ce qu'on comprendra mieux lorfque nous aurons traité du mouvement compofé: ce que nous ferons dans le Chapitre XI.

§. CCCCXXXIV. Si un levier [*Tab. 6. fig. 4.*] eft chargé de plufieurs poids qui foient fufpendus à différentes diftances du point d'appui, & qu'il foit foutenu par une puiffance M, on pourra déterminer quelle doit être la grandeur de cette puiffance. Si on divife la fomme de tous les efforts des poids, par la diftance de la direction de la puiffance au centre, le quotient donnera la grandeur de la puiffance M.

Suppofons que les poids foient E = 2. G = 3. I = 4; que du centre du mouvement A on conduife des perpendiculaires fur les lignes de direction de ces poids: & fuppofons que AK = 4. AF = 6. AL = 7, & que AO = 5, l'effort des poids fera $= 2 \times 4 + 3 \times 6 + 4 \times 7 = 8 + 18 + 28 = 54$. Divifons cette fomme par AO = 5, le quotient $= 10\frac{4}{5}$: d'où il fuit que la puiffance M doit être $= 10\frac{4}{5}$.

§. CCCCXXXV. Si le levier eſt courbe, tel que A C B [*Tab. 6. fig.* 5.], contre lequel agiſſent les puiſſances R, O, il y aura équilibre entre ces deux puiſſances, ſi R : O : : CE : C D, qui ſont les deux perpendiculaires menées du centre du mouvement C ſur les directions des puiſſances. Comme l'expérience nous apprend que tous les corps quels que durs qu'ils ſoient, cedent toujours ſous l'effort des groſſes maſses qu'on y ſuſpend, ou aux efforts conſidérables qu'on fait contre eux, & ſe fléchiſsent; puiſque les leviers dont nous faiſons ordinairement uſage pour ſoulever de groſses maſses, ſe déjettent & ſe courbent aſsez ſouvent; on peut, dans tous ces cas, faire uſage de la propoſition que nous venons de démontrer.

§. CCCCXXXVI. Si des puiſsances P & S [*Tab. 6. fig. 6.*], agiſsent contre un levier angulaire A C B, il y aura équilibre entre ces puiſsances, ſi P : S : : B C : C A : ce qui ſuit naturellement de ce que nous avons démontré ci-deſsus.

§. CCCCXXXVII. On ſe ſert ordinairement du levier lorſqu'il s'agit de mouvoir un peu, ou de ſoulever des fardeaux; mais s'il eſt néceſsaire de communiquer à ces fardeaux de plus grands mouvemens, ou de les élever davantage, il faut alors employer d'autres machines.

On peut, à l'aide d'un *levier prolongé*, élever des fardeaux plus haut qu'on ne les éleve par le moyen d'un levier ordinaire. Voici la deſcription de cette eſpece de machine : A C B [*Tab. 6. fig.* 7.] eſt le levier prolongé, dont le centre du mouvement eſt en C : A D eſt un crochet mobile qui s'engraine dans les dents de la regle E F, ſur les cornes E, ou ſur le pied F de laquelle ſont appliqués les fardeaux qu'on veut mouvoir : le ſecond crochet G H eſt deſtiné à ſoutenir la regle, & à l'empêcher de retomber lorſqu'on fait mouvoir le crochet A D pour ſoulever la réſiſtance. Il faut, dans le cas d'équilibre, que la puiſsance B ſoit au fardeau E comme la diſtance de la regle au centre C du mouvement eſt à la diſtance C B.

De la Poulie.

§. CCCCXXXVIII. La *poulie* eſt une eſpece de roue fixée par ſon centre; qui porte un axe rond & ſaillant, & qui roule dans les yeux d'une châſse; ſur la périphérie de cette roue, qui eſt légérement creuſée, paſse une corde, à une des extrêmités de laquelle eſt attachée la puiſsance, la réſiſtance étant ſuſpendue à l'autre extrêmité : quelquefois la puiſsance eſt attachée aux deux extrêmités de la corde; & cela arrive lorſqu'on veut changer la direction de la puiſsance, ou lorſqu'on veut augmenter ſon action pour mouvoir & pour élever des fardeaux conſidérables.

§. CCCCXXXIX. La poulie A [*Tab. 6. fig.* 8.], montée dans la châſse C K, ſuſpendue à un anneau fixe u, mobile ſur ſon axe C, & fixée du reſte dans la ſituation où elle eſt repréſentée par la figure; cette poulie, dont une partie de la circonférence eſt enveloppée par la corde L D E M, à une des extrêmités M de laquelle eſt appliquée la puiſsance B, & à l'autre extrêmité L de laquelle eſt ſuſpendu le poids P, ne contribue point à augmenter l'effort de la puiſsance B; elle ne contribue ſeulement qu'à faire que cet effort demeure conſtamment le même, ſelon quelque direc-

tion quelconque que la puiſsance B puiſse être appliquée. Cette eſpece de poulie peut être rapportée à un levier du premier genre; ce qui n'eſt pas difficile à comprendre. En effet ſi les parties D L & E M, de la corde qui embraſſe la poulie, ſont diſpoſées parallelement à elles-mêmes, & que la puiſſance B ſoit en équilibre avec la réſiſtance P, menez la ligne D C E, qui paſſe par l'axe C, & qui aboutiſſe aux points où la corde touche la circonférence de la poulie; concevez enſuite que cette corde eſt attachée aux deux points D & E, & faites abſtraction de la partie inférieure D H E de la poulie, ainſi que de ſa partie ſupérieure D O E: dans cette hypotheſe l'équilibre ſubſiſtera encore entre B & P; & vous n'aurez plus alors que la ligne D C E, qui repréſente une balance ou un levier, dont les deux parties C D, & C E ſont égales, & qui par conſéquent exigent que B = P, pour qu'ils ſoient en équilibre l'un avec l'autre. Ce qui eſt encore évident; puiſque dans l'hypotheſe que B & P ſeroient en mouvement, ils auroient l'un & l'autre la même vîteſſe. Si, dans cette même machine, les directions des cordes étoient D P, & F G, ou D P, & O H, qui ne ſeroient point alors paralleles entr'elles; ſi on ſupprime les parties de la poulie qui ſont inutiles, les cordes, demeurant attachées aux points D, F, O, on aura alors des leviers angulaires; ſavoir, D C F, ou D C O, dont les deux bras ſeront égaux: & par conſéquent que la puiſſance B ſoit appliquée, ou en B, ou en G, ou enfin en H, elle pourra toujours contrebalancer la réſiſtance P; de ſorte que cette puiſſance B n'eſt aucunement favoriſée, quant à l'intenſité de ſon action. En agiſſant à l'aide d'une poulie de cette eſpece, elle n'acquiert ſeulement que la facilité d'agir avec le même avantage, en prenant toutes ſortes de directions quelconques. Dans l'uſage de ces ſortes de poulies, il faut avoir attention à ce que le crochet K, & le point fixe u, ſur lequel il eſt appuyé, ſoient aſſez forts pour ſoutenir les poids P & B, ainſi que celui de la poulie & de la corde qui l'enveloppe; & que cette corde ſoit aſſez groſſe & ſolide pour ſoutenir aiſément le poids P.

§. CCCCXL. Si la poulie, non-ſeulement tourne librement ſur ſon axe, mais encore qu'elle ſoit diſpoſée de maniere à pouvoir être muë de bas en-haut, conjointement avec le poids P [*Tab. 6 fig. 9.*], ſuſpendu au crochet qui termine ſa châſſe C A, & que la corde qui enveloppe une partie de ſa circonférence ſoit diſpoſée de façon que ſes deux parties D B, E K ſoient paralleles entr'elles; alors ſi une des extrêmités K de cette corde eſt attachée à un point fixe en K, & que la puiſſance R ſoit appliquée à l'autre extrêmité B, il y aura équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance, ſi R : P : : E C : E D: & une poulie, diſpoſée de cette maniere, peut être rapportée à un levier du ſecond genre.

En ſuppoſant qu'il y ait équilibre entre R & P; ſi on conçoit que les cordes ſont appliquées aux points D & E de la poulie, ſoit tirée la droite D C E: & qu'on conçoive comme précédemment que la partie inutile D H E de cette poulie ſoit ſupprimée, ainſi que ſa partie inférieure D A E, ſans que l'équilibre ſoit troublé; alors on aura un levier D C E, dont le point d'appui eſt en E, conſéquemment à la corde E K, ſur laquelle il s'appuie. Le fardeau P, étant appliqué à l'extrêmité de la châſſe C A, porte toute ſon action ſur le point C; & la puiſſance R, placée en B, déploie la ſienne de même que ſi elle

elle étoit appliquée en D : on aura donc R : P : : E C : E D (§. 415). Dans cette hypothefe on conçoit encore aifément, que fi le levier venoit à fe mouvoir, la puiffance R auroit une vîtefse double de celle de la réfiftance P.

§. CCCCXLI. Si les cordes qui embrafsent la poulie ne font pas paralleles entr'elles, comme on le voit en L O, & K E [*Tab. 6. fig.* 10.], la puifsance appliquée à l'extrêmité L, qui doit foutenir le même poids que précédemment, doit nécefsairement être plus grande que celle que nous avons indiquée (§. 440).

Car fi on prolonge les lignes qui indiquent les directions L O, & K E de ces cordes, jufqu'à ce qu'elles concourent en un point commun A, où concoure pareillement la direction du poids, fufpendu felon la droite C I A; & qu'on joigne, par la ligne O E, les points O & E, où fe fait le contact des cordes; & qu'enfin, du point E, on mene E M, perpendiculaire à L A : comme le point E eft le point d'appui, la puifsance L agit par le moyen du levier M E; tandis que le poids, ou la réfiftance, eft appliqué au point I, & eft éloigné du même point d'appui de toute la longueur du rayon I E : pour qu'il y ait donc équilibre entre la puifsance & la réfiftance, il faut que l'on ait la proportion fuivante; la puifsance R eft à la réfiftance qu'elle doit foutenir, : : I E : M E; or I E eft la moitié de la ligne O E > E M; par conféquent I E eft plus grand que la moitié de E M, & conféquemment la puifsance L, pour être en équilibre avec la réfiftance, doit être plus grande que la moitié du poids qu'elle doit équilibrer.

Puifque les triangles O E M, C O I, font femblables, on a O E : E M : : C O : O I; donc $\frac{OE}{2}$: E M : : $\frac{CO}{2}$: O I; or $\frac{CO}{2}$ eft la moitié d'un rayon, O I eft la moitié de la fous-tendante de l'arc O E; par conféquent, pour qu'il y ait équilibre entre la puifsance L & le fardeau qu'elle doit foutenir, il faut que la puifsance L foit au poids qu'elle doit foutenir, comme la moitié du rayon eft à la moitié de la fous-tendante de l'arc O E. Le triangle A O I eft auffi femblable aux triangles C O I, A O C, O E M; il faut donc que la puifsance foit au poids qu'elle doit foutenir : : $\frac{AC}{2}$: AO : : $\frac{OA}{2}$: A I.

§. CCCCXLII. Si l'angle L A K eft de 120 degrés, on aura l'angle E A C = O A C = 60 degrés, & O C A = 30 degrés, & C O I = 60 degrés = I E M, & M O E = 30 degrés, dont le finus eft la droite M E; & dans le triangle O M E, la droite O E eft le finus total, dont la moitié eft I E : or, comme la puifsance L eft au poids qu'elle doit foutenir, comme I E : E M, elle fera donc comme la moitié du finus total eft au finus d'un angle de 30 degrés; mais la moitié du finus total eft égal au finus d'un angle de 30 degrés : & par conféquent, dans cette hypothefe, la puiffance doit être égale au poids de la réfiftance (1).

Du Tour.

§. CCCCXLIII. Le *tour* eft un axe, à l'une des extrêmités duquel eft adaptée une grande roue, ou un tambour; à cet axe eft attachée une corde

(1) Il faudroit changer la valeur de l'angle L A K, pour mettre plus de jufteffe dans cette démonftration, qui néanmoins prouve ce que l'Auteur a avancé.

qui l'enveloppe à proportion qu'on le fait tourner circulairement : à l'autre extrêmité de la corde pend le fardeau qu'on veut faire mouvoir ; & la puissance destinée pour cet effet, est adaptée à la circonférence de la roue, ou du tambour.

§. CCCCXLIV. Soit la roue AB [*Tab. 6. fig.* 11.], dont l'axe soit DE, & le centre commun du mouvement de la machine C ; le fardeau qu'on veut mouvoir P, & la puissance M. Pour que la puissance soit en équilibre avec la résistance, en se servant de cette machine, il faut qu'elles soient dans la proportion qui suit, M : P : : le demi-diametre de l'axe DC est au demi-diametre de la roue CB. Cette machine peut se rapporter à un levier du premier genre. La direction du point P est éloignée du centre du mouvement C de la quantité DC ; & la direction de la puissance M est éloignée du même centre C de la quantité CB : & par conséquent on a cette proportion, M : P : : DC : CB.

§. CCCCXLV. Il suit de là que si on augmente la grandeur de la roue, de façon que son rayon devienne CN, ou que si on diminue le cylindre DE, le même poids P pourra être soutenu par une puissance u, plus petite que la premiere ; parceque u : P : : DC : CN.

§. CCCCXLVI. Par conséquent si l'intensité de la puissance diminue à proportion que le diametre de la roue [*Tab.* 7. *fig.* 1.], à laquelle la résistance est attachée, & par le moyen de laquelle la puissance agit contre elle, augmente, la puissance conservera toujours son même rapport avec la résistance ; c'est ce qu'on observe dans les montres, qui se meuvent par l'action d'un *ressort* enveloppé sur lui-même, qui est renfermé dans un *barillet.* Ce ressort fait mouvoir les roues de cette machine, à l'aide d'une *chaîne* LFE, qui est roulée sur une *fusée conoïdale* HFK ; la résistance se fait sentir sur chacune des dents de la roue DC, & demeure constamment la même : or quoique la puissance, c'est-à-dire le ressort, perde insensiblement de sa force, à proportion qu'il se développe, l'intensité de sa force est toujours la même par rapport à la résistance ; parceque, lorsque la force du ressort est autant grande qu'elle puisse être, la chaîne, par le moyen de laquelle il agit, est appliquée à l'extrêmité du plus court levier HG : lorsque la force du même ressort est devenue très petite, il agit par un levier KI, plus long, selon la même proportion ; & lorsqu'il n'a encore perdu que la moitié de sa force, il agit par un levier dont la longueur tient le milieu entre celle du plus court HG, & celle du plus long KI.

§. CCCCXLVII. Si on veut avoir la figure de la fusée conique, dont nous venons de parler, soit la courbe BCD : AK [*Tab.* 7. *fig.* 2.], son axe prolongé : que le point B indique celui auquel la chaîne est attachée dans son principe, lorsque le ressort qui la tire agit avec toute sa force : que le point D représente le point d'où tire la chaîne lorsque le ressort a perdu tout ce qu'il peut perdre de sa force, & qu'il agit avec sa plus petite force : des points D & B, soient tirées des perpendiculaires à l'axe DH, BA : ces perpendiculaires, étant prolongées, soient prises les portions AE & HI, proportionnelles aux forces du ressort lorsqu'il agit sur ces points : par les points E & I soit conduite la droite EIK, qui coupe l'axe en un point, comme en K : que d'un point quelconque de la courbe, par exemple C, soit

tirée une ligne C F, perpendiculaire au point G de l'axe, la portion F G de cette ligne repréſentera la force du reſſort, lorſque la chaîne répond au point G; or puiſque la force du reſſort, qui fait mouvoir le barillet, eſt toujours tellement proportionnée, qu'il agit également contre la réſiſtance, & que cette force eſt comme $FG \times GC$, diſtance du point C, au centre du mouvement G, la force ſera par-tout comme un rectangle, dont les produiſans feroient F G & G C: c'eſt-à-dire, comme le rectangle qui naîtroit de $FG \times GC$, qui eſt la quantité donnée, & qu'on peut dire être $= ab$; alors $FG = \frac{ab}{GC}$. Afin donc de déterminer la courbe, ſoit $KA = a$, $HI = b$, $HG = x$, $GC = y$; puiſque les triangles K H I, K G F ſont ſemblables, on aura $KH : HI :: KG : GF$, ou $a : b :: a + x : \frac{ab + bx}{a} = \frac{ab}{y}$: donc $aab = aby, + bxy$, & $aa = ay + xy$, qui eſt une équation à l'*hyperbole*. *Varignon* nous a donné une ſolution générale de ce problême (1).

§. CCCCXLVIII. La direction de la puiſſance qui eſt appliquée à la roue d'un tour, peut varier conſidérablement; elle peut être telle, que B M, F G [*Tab. 6. fig.* 11.], ſans que ſon effort change pour cela; parceque ſa diſtance au centre du mouvement C, demeure toujours égale à un des rayons C B, ou C F, de la roue.

§. CCCCXLIX. Il y a certains tours, ſur leſquels, ou dedans leſquels, on fait marcher des hommes ou des animaux. A l'aide de ces ſortes d'inſtrumens la puiſſance n'agit pas toujours à égale diſtance du centre du mouvement C [*Tab. 6. fig.* 11.]: cette diſtance eſt différente aux points H, K, S; car, ſi on conduit les perpendiculaires à l'horiſon, O H, I K, Q S, qui expriment la direction de la puiſſance appliquée aux différens points que nous venons d'indiquer, la puiſſance, agiſſant au point H, eſt éloignée du centre du mouvement de la quantité C O; au point K, de la quantité C I: enfin au point S, de la quantité C Q.

§. CCCCL. En conſidérant le rayon de l'axe, ainſi que celui de la roue, il faut auſſi faire attention au diametre de la corde, lorſqu'elle eſt d'une groſſeur ſenſible.

§. CCCCLI. On a coutume d'implanter, ſur la circonférence des roues, des chevilles, des leviers, que l'on diſpoſe, ou dans le même plan que la roue, ou perpendiculairement à ſon plan: ces derniers ne changent en rien l'effort de la puiſſance, & ne lui procurent aucun avantage; parceque la puiſſance qui eſt appliquée ſur ces leviers, eſt à une même diſtance du centre C, que ſi elle étoit appliquée immédiatement ſur la circonférence de la roue. Il n'en eſt pas de même lorſque ces leviers ſont diſpoſés dans le même plan que la roue; ils augmentent ſon diametre, & font que la puiſſance qui eſt appliquée à leur extrêmité, agit à une plus grande diſtance du centre de la roue.

§. CCCCLII. Quelquefois l'axe lui-même eſt percé de pluſieurs trous ſur ſa circonférence, dans leſquels on fiche des leviers; dans ce cas, cet axe

(1) Hiſt de l'Acad. Roy. ann. 1702, p. 255.

peut prendre différentes ſituations : on peut le placer perpendiculairement à l'horiſon ; alors on le nomme *vindas*, ou *cabeſtan*. On attache à l'extrêmité P [*Tab.* 7. *fig.* 3.] de la corde le fardeau qu'on veut mouvoir ; on roule cette corde autour de l'axe A D, dont l'extrêmité E eſt quelquefois implantée dans une poutre ; quelquefois elle eſt percée de façon qu'elle puiſſe recevoir deux leviers croiſés, aux extrêmités deſquels ſont appliqués des hommes qui font tourner cet axe, & qui, raccourciſſant par-là la corde qui ſe roule ſur l'axe, font avancer le fardeau. Le demi-diametre de cet axe eſt d c ; pour que la puiſſance ſoit en équilibre avec la réſiſtance, à l'aide de cette machine, il faut avoir cette proportion, B : P : : d c ; A B. Les Architectes font uſage de cette machine pour élever les matériaux qu'ils emploient ; les Marins s'en ſervent auſſi pour lever les ancres.

§. CCCCLIII. Il y a encore une autre eſpece de machine, dans laquelle l'axe eſt diſpoſé parallelement à l'horiſon, & qu'on nomme *treuil*, *chevre* ; elle eſt compoſée de trois poutres, qui ſont unies enſemble vers leur partie ſupérieure, par le moyen d'une cheville : ces poutres s'écartent les unes des autres vers leur partie inférieure. L'axe de cette machine eſt A D [*Tab.* 7. *fig.* 4.], qu'on fait mouvoir circulairement, à l'aide de deux levier B, B ; cet axe eſt monté entre deux des poutres, & c'eſt ſur cet axe que s'enveloppe une corde qui paſſe ſur une poulie C, fixée au haut de la machine, & à l'extrêmité de laquelle eſt attaché le fardeau L : quelquefois la corde s'attache à la châſſe de la poulie ſupérieure C, paſſe enſuite ſur la gorge d'une ſeconde poulie mobile E, à la châſſe de laquelle eſt un crochet de fer où on attache le fardeau L ; de-là la corde vient envelopper la poulie fixe, & eſt enfin attachée à l'axe A D. Il y a encore d'autres machines dans leſquelles l'axe eſt diſpoſé différemment ; mais comme toutes ces machines ſont conſtruites ſur le même principe, on peut appliquer à toutes la même démonſtration.

§. CCCCLIV. Les *roues dentées*, munies de leurs lanternes, ou de leurs pignons, ne different point du tour ; c'eſt pourquoi on concevra facilement, par ce que nous venons de dire ſur la nature & la conſtruction de cette derniere machine, la maniere d'eſtimer les puiſſances qui ſeront appliquées à des machines où il ſe trouvera des roues dentées, & qui ſont propres à mouvoir de lourds fardeaux.

Soit le poids P = 30 ℔ [*Tab.* 7. *fig.* 5.], ſuſpendu à l'extrêmité d'une corde qui embraſſe l'axe A C R ; que le rayon C B de la roue dentée, G B D S, ſoit ſix fois plus grand que le rayon A C de l'axe : dans ce cas, pour qu'il y ait équilibre entre le poids appliqué à la dent B de la roue dentée, & celui qui eſt ſuſpendu à l'extrêmité de la corde P, il ſuffit que le poids B ſoit la ſixieme partie du poids P ; c'eſt-à-dire, que le poids B doit être de 5 ℔. Comme les dents de la roue engrainent avec celles de la lanterne E B K, il faut concevoir que la dent B de la lanterne ſupporte un poids = 5 ℔. Si le rayon de cette lanterne n'eſt que la cinquieme partie de E M, un poids d'une livre, ſuſpendu en M, ſera en équilibre avec le poids de 5 ℔ que nous ſuppoſons placé en B ; & conſéquemment ſupportera, ou fera équilibre au poids P de 30 ℔.

§. CCCCLV. Si les dents placées à la circonférence d'une roue, ſont

placées dans la direction des rayons de cette roue, alors cette roue eſt appellée *étoilée*; ſi ces dents ſont placées perpendiculairement au plan de la roue, on la nomme *à cheville*. Les Méchaniciens ont coutume d'obſerver, & cela avec connoiſſance de cauſe, que les dents des pignons rencontrent, le moins ſouvent qu'il eſt poſſible, les mêmes dents des roues avec leſquelles ils engrainent; parcequ'alors elles s'uſent plus également, & le mouvement en devient plus aiſé: on parviendra à cette exactitude, ſi le nombre des aîles des pignons n'eſt pas un diviſeur exacte du nombre des dents des roues. Par exemple, ſi la roue porte 60 dents, & qu'elle engraine avec un pignon de 7, de 9, ou de 11. On peut faire la denture avec du bois ou du métal; mais toute ſorte de bois n'eſt pas propre pour cela: il faut que le bois qu'on deſtine à cet uſage ſoit dur, flexible, & peu poreux; c'eſt pour cela que les Flamands ſe ſervent de *neſſlier*.

Les roues dentées qu'on fait de métal, ſont de fer, de cuivre, ou de ſimilor: on en fait rarement avec d'autres métaux; ſoit parceque, parmi ceux-là, les uns ſont trop mous, & les autres trop durs.

§. CCCCLVI. Il eſt aiſé de ſupputer, d'après les principes que nous avons établis, quelle ſera celle, de deux roues données, l'une plus grande, l'autre plus petite, qui fera plus difficilement ſes révolutions ſur un terrein inégal, raboteux, ou mou.

Soit la ligne H, H [*Tab.* 7. *fig.* 6.], qui repréſente le terrein ſur lequel doivent ſe mouvoir les roues Z & Y; que l'aſpérité de ce terrein ſoit repréſentée par la petite élévation D B P: que la direction de la puiſſance qui tire la grande roue ſoit C F; la charge de la voiture dont l'effort ſe porte ſur l'axe C de la roue, agit ſelon la direction C A, qui eſt éloignée de la quantité A B du centre du mouvement B, qui eſt le ſommet de la petite élévation que doit ſurmonter la roue, en tournant ſur ſon axe. Par conſéquent il faut que la puiſſance appliquée en F, pour faire mouvoir la roue, ſoit à la charge que porte la roue au point A, comme A B eſt à B E, qui eſt la perpendiculaire, conduite du centre du mouvement B ſur la ligne de direction C F: au contraire la puiſſance G, qui tire la petite roue dans la direction G I, parallele à la premiere, ne peut produire ſon effet qu'elle ne ſoit à la réſiſtance, que nous concevons agir ſur le point S, éloigné du centre du mouvement de la quantité S B, la puiſſance, dis-je, ne peut produire ſon effet qu'elle ne ſoit à la réſiſtance, comme S B : B O, qui eſt la perpendiculaire tirée du centre du mouvement B ſur la ligne de direction I G. Or, parceque l'angle B C A eſt plus petit que l'angle B I S, le ſinus du premier de ces deux angles ſera plus petit que le ſinus du ſecond; donc la raiſon de A B à A C, ou à B E, ſon égal, ſera plus petite que la raiſon de S B à S I, ou à ſon égal Bo: par conſéquent la puiſſance, deſtinée à faire mouvoir la grande roue, chargée d'un poids donné, pourra être plus petite que celle qui ſera obligée de tirer la petite roue chargée du même poids.

§. CCCCLVII. A cette raiſon on en peut ajoûter pluſieurs qui prouvent toutes également l'avantage d'une grande roue ſur une plus petite. 1°. Parceque le frottement de la grande roue ſur ſon axe eſt à celui de la petite ſur le ſien, comme le diametre de la petite roue eſt au diametre de la grande. 2°. Parceque la petite roue s'engage plus profondément dans les inégalités

du chemin que la grande, & que par conséquent il faut l'élever plus haut que la grande pour la faire avancer. 3°. Si on suppose que ces deux roues se meuvent sur un terrein mou & gras, la petite s'enfonce plus profondément que la grande; car, puisqu'on les suppose également chargées l'une & l'autre, chacune fera sortir de l'orniere une même quantité de terre, & il faut pour cela que la petite soit plus profondément engagée : par conséquent on ne pourra les faire avancer l'une & l'autre, qu'en élevant davantage la plus petite. *B. Martin* a traité cette matiere d'une maniere forr curieuse (1).

§. CCCCLVIII. Comme le frottement des roues sur leurs essieux est très considérable, lorsque les voitures sont chargées d'un lourd fardeau, & que ce frottement apporte un grand obstacle au mouvement de la voiture, on a trouvé un moyen très favorable pour éviter cette inconvénient; c'est de placer les fardeaux sur des rouleaux, sur des cylindres : lorsque le terrein, sur lequel on doit transporter ces fardeaux, est uni, & suffisamment dur; pour lors le frottement est incomparablement moindre; &, par cette manœuvre, on vient à bout, avec beaucoup moins de force, de faire mouvoir des fardeaux immenses. Les Anciens connoissoient l'avantage de cette pratique, & ils la mettoient en usage, lorsqu'il s'agissoit d'amener des vaisseaux du bord de la mer sur le Continent; cette méthode est encore en usage chez les Pêcheurs de Hollande.

§. CCCCLIX. On donne le nom de coin à tout solide, dont la base est d'une certaine grandeur, & qui se termine en pointe : cette machine sert à fendre, à séparer des corps, ou même à les élever.

Du Coin.

§. CCCCLX. On appelle un *coin* simple, *prisme triangulaire*, dont les côtés représentent un triangle rectangle A C B [*Tab.* 7. *fig.* 7.]; la base A B est la longueur du coin : B C la hauteur, ou le dos du coin.

§. CCCCLXI. Le *coin double* A C D [*Tab.* 7. *fig.* 9.] est formé de deux coins simples A C B, A B D, unis ensemble selon leur longueur.

§. CCCCLXII. Les puissances qui font mouvoir les coins, sont, ou de simples pressions, ou des percussions. Les corps qu'on sépare, à l'aide d'un coin, sont de différente espece; les uns se fendent à proportion que le coin s'enfonce dans leur substance; dans d'autres la fente s'avance avant le coin.

§. CCCCLXIII. Lorsqu'un corps ne se fend qu'à proportion que le coin s'enfonce, pour qu'il y ait équilibre entre la puissance qui presse le dos du coin & la résistance qu'il a à vaincre pour désunir les parties de ce corps, il faut que la puissance soit à la résistance, comme la hauteur du coin est à sa longueur. En effet, on peut comparer la résistance, que ces parties opposent à leur séparation, à un poids X [*Tab.* 7. *fig.* 7.], qu'il faudroit élever. Soit donc la puissance P, qui pousse le coin A C B, selon la longueur A B, de sorte qu'il parvienne en Q A; alors le poids X, qu'on conçoit comme retenu par l'obstacle A $\aleph$, aura été élevé de la quantité A $\aleph$ ou B C : les espa-

(1) Philos. Britannic. Vol. 1. à pag. 167. ad pag. 171.

ces parcourus par P & X sont donc entr'eux comme A B & A ε; par conséquent les actions de P & de X, sont P × A B, & X × A ε, ou B C : donc en supposant ces actions égales, on aura P : X : : B C : A B.

§. CCCCLXIV. Plus A B est long, la hauteur du coin B C demeurant toujours la même, plus la puissance pourra devenir petite, & produira toujours le même effet : ce qu'on peut prouver par la machine suivante. A B C D [*Tab.* 7. *fig.* 8.] est un chassis qu'on attache, par le moyen d'une cheville terminée par une vis, à une colonne qui est fixée solidement sur une table. La cheville à vis, dont nous venons de parler, entre dans une ouverture pratiquée à cette colonne, & y est assujettie par un écrou qui se visse postérieurement à la colonne : on peut se former une idée de cette colonne en jettant les yeux sur la figure 11 de la même planche. Dans le chassis A B C D sont deux petits cylindres E & G, & outre cela un troisieme F, d'un plus grand diametre ; ces trois cylindres se meuvent librement sur leurs axes : H I est un autre cylindre suspendu librement à 2 fils L, L, qui sont attachés de chaque côté, à une poignée fixée sur l'axe saillant du cylindre. M, N sont deux poids attachés à des fils, qui passent sur les poulies P, l'une d'un côté, l'autre de l'autre côté du cylindre ; ces fils sont attachés à l'axe du cylindre, & par ce moyen le cylindre H est tiré vers le cylindre F, avec une force égale à celle que produisent, par leur pesanteur, les poids M, N : entre les cylindres H, F, on infere le coin O P R, à l'extrêmité duquel Q, pend le bassin S, chargé d'un poids ; dans le cas d'équilibre, le poids S fait un effort pour séparer les cylindres H, F, ou pour séparer le cylindre H du cylindre F ; & cet effort est égal à celui que font les poids M & N, pour approcher ces cylindres l'un vers l'autre : & l'expérience fait voir que, pour produire cet effet, on doit avoir S : N + M : : comme le dos du coin est à sa longueur.

§. CCCCLXV. On remarque encore la même chose, lorsqu'on fait usage d'un double coin C D A ; concevons que ce double coin soit formé de deux autres coins simples & égaux, B C A, B D A : dans cette hypothese, la puissance P, laquelle, en poussant le coin simple B C A, eût élevé le poids X de la quantité B C, est à ce poids X : : B C : B A. Par conséquent une autre puissance, égale à la puissance P, qui auroit à élever le poids Z de la quantité B D, sera à ce poids Z : : B D : B A ; or ces deux coins simples, étant unis entr'eux, & ne formant plus qu'un seul coin, les deux puissances qui agissoient séparément contre chacun des deux coins simples, agissants contre la base C D du coin double, seront aux deux poids X + Z : : B C : B A ; car P : X : : B C : B A : donc $P = \frac{BC \times X}{BA}$, & P : Z : : B D = B C : B A ; donc $P = \frac{BC \times Z}{BA}$: or X = Z ; par conséquent $P + P = \frac{BC \times X}{BA} + \frac{BC \times X}{BA}$, ou 2 P : 2 X : : B C : B A : : D C : B S. C'est-à-dire, que la puissance doit être à la résistance, comme la base du coin est au double de sa longueur.

§. CCCCLXVI. Soit maintenant une grosse poutre B K H G [*Tab.* 7.

fig. 10.] à fendre, avec le coin A C O; chaque coté A C, O C, de ce coin a la même résistance à surmonter, qui, comme dans le cas précédent, équivaut à deux poids qu'il faudroit soulever. Si on appelle R la résistance qui se fait sentir sur le côté C O du coin simple O D C, & que la puissance qui presse sa base soit appellée P, la puissance qui agira contre la base entiere O A, du coin double, sera = 2 P; & cette puissance 2 P sera aux deux résistances 2 R, comme O D : D C, ou comme A O : D C.

On peut démontrer cette vérité, par le moyen de cette machine. O P R est un coin double, dont on peut augmenter ou diminuer la base; H, V sont deux cylindres, dont les axes sont saillans, & qui sont suspendus par des cordes L, L : ces deux cylindres sont tirés l'un vers l'autre, selon une direction parallele à l'horison, par des cordes, dont l'une passe sur la poulie I, & l'autre sur la poulie V; à ces cordes sont suspendus les poids X & Z, & c'est l'effort de ces poids qui oblige les cylindres H, V à s'approcher l'un de l'autre : au point Q, extrêmité du coin, pend un bassin chargé d'un poids; or dans le cas où le coin O R P est placé entre les deux cylindres, & que l'effort qu'il fait, en vertu de sa pesanteur, pour les séparer l'un de l'autre, est en équilibre avec les poids X, X, & Z, Z, qui font effort pour les unir : l'expérience démontre que l'on trouve cette proportion, S : 2 X + 2 Z : : C B : B A, ou : : C D : B S [*Tab.* 7. *fig.* 9.].

§. CCCCLXVII. On doit comprendre, par tout ce que nous venons de dire, la maniere d'agir, la force de tous les instrumens tranchans, tels que le couteau, la lancette, la hache, la scie, la lime, le poignard, les tenailles, &c. On doit encore concevoir l'action que peuvent avoir sur le corps de l'animal quantité de poisons, de forts corrosifs, dont la figure acuminée présente autant de petits coins; tels que le sublimé-corrosif, l'arsenic, l'eau-forte, &c. On peut aisément expliquer pour quelle raison les dents, dans les animaux, le bec dans les oiseaux, les ongles, ont la figure que nous leur observons : enfin on voit aisément pourquoi les cornes des animaux ont, pour l'ordinaire, une large base, & se terminent en pointe; elles ont été données à ces animaux pour se défendre, & pour blesser ceux contre qui ils ont à combattre.

Du plan incliné.

§. CCCCLXVIII. Le *plan incliné* est une superficie plane A C [*Tab.* 8. *fig.* 1.], inclinée à l'horison A B, ou faisant, avec l'horison, un angle CAB; la hauteur de ce plan est indiquée par la ligne C B, perpendiculaire sur A B.

§. CCCCLXIX. Soit le corps K, placé sur le plan incliné A C, & soutenu par la puissance M, qui agit selon une direction P K, parallele au plan A C; dans ce cas, on a M : K : : C B : C A.

Car si on tire du centre de gravité K, au point D, où le corps touche le plan, la ligne K D & K e, sur la ligne de direction de la gravité de ce corps, ensuite D e perpendiculaire sur K e; on aura alors un levier angulaire K D e, dont le point d'appui est en D : supposons maintenant que la puissance M soit appliquée à une des extrêmités K de ce levier, & le poids K en e; alors la puissance M, qui agira sur le bras du levier K D, sera à la résistance

suspendue

fuſpendue au point e, : : e D : D K : : CB : C A , ou comme le ſinus de l'angle d'inclinaiſon, que le plan forme avec l'horiſon, eſt au ſinus total.

§. CCCCLXX. Si la puiſſance agit dans une direction KO, parallele à la baſe B A du plan ; il y aura équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance, ſi la puiſſance O : K : : e D : D I : : CB : B A.

Car ſi on éleve la perpendiculaire DI ſur la direction OK, on aura le levier angulaire I D e; & par conſéquent la puiſſance O : K, qui eſt ſuppoſé ſuſpendu au point e : : e D : D I : : C B : B A, ou comme le ſinus de l'angle d'inclinaiſon, que le plan forme avec l'horiſon, eſt au ſinus de complément du même angle.

§. CCCCLXXI. Par conſéquent la direction qui exige une plus petite puiſſance, pour ſoutenir un poids ſur un plan incliné, eſt celle qui eſt parallele au plan; & la puiſſance deſtinée à ſoutenir le même poids ſur un plan incliné, doit être d'autant plus grande, que la direction, ſelon laquelle elle doit agir contre la réſiſtance, s'éloigne davantage de la direction parallele à l'inclinaiſon du plan : ſi la direction de la puiſſance s'éleve au-deſſus de la parallele K P, il peut ſe faire qu'il faille que la puiſſance ſoit égale au poids K, pour lui faire équilibre ; & ſi la direction de la puiſſance eſt au-deſſous de la parallele P K, il peut arriver qu'il faille que la puiſſance ſoit plus grande que la réſiſtance K, pour qu'elle puiſſe la tenir en équilibre.

§. CCCCLXXII. Plus la hauteur C B du plan eſt petite, & plus la puiſſance qui doit ſoutenir le poids K peut auſſi être petite ; d'où il ſuit que ſi la hauteur C B eſt infiniment petite, ou que A C ſoit parallele à A B, la puiſſance qui aura à ſoutenir le poids qui ſera appuyé ſur A C, ſera infiniment petite.

On trouve en Hollande une grande quantité de ponts jettés en différens endroits de la riviere, & qui ſont beaucoup plus élevés que le niveau des rues ; afin que les vaiſſeaux puiſſent aiſément paſſer par-deſſous : les chevaux qui roulent des carroſſes, ou des voitures chargées, fatiguent davantage ſur ces ponts, que lorſqu'ils roulent ſur le terrein uni des rues ; parceque ces ponts repréſentent des eſpeces de plans inclinés A C. Les voitures ſont par rapport à ces ponts, ce qu'eſt le poids K, placé ſur le plan A C, & les chevaux ſont la puiſſance qui doivent conſommer une force pour ſoutenir le fardeau des voitures, laquelle eſt à ce fardeau, comme C B : C A. Au contraire lorſque ces chevaux ont à marcher ſur un terrein uni, & diſpoſé horiſontalement, la hauteur B C devient nulle ; & par conſéquent ces chevaux ne ſont obligés, pour faire avancer les voitures, que de vaincre le frottement des roues & de leurs axes, & l'inertie du fardeau dont les voitures ſont chargées : ce qui n'eſt pas égal, lorſqu'il faut qu'ils montent le pont ; puiſqu'il faut outre cela qu'ils ſoutiennent une partie du fardeau = C B.

On conçoit aiſément, par ce que nous venons de dire, pour quelle raiſon un homme ſe fatigue ſi promptement lorſqu'il monte au haut d'une tour, ou ſur une montagne. Suppoſons que cette montagne ſoit inclinée comme le plan A C, le poids du corps de cet homme ſera, par rapport à cette montagne, comme K, par rapport au plan incliné A C; & la force qu'il emploie à monter, étant = M, on aura la proportion que nous avons

déja indiquée, M : K : : CB : CA. Suppofons maintenant que cette derniere raifon foit comme 1 : 3, & que K = 150 ℔; dans cette fuppofition, M = 50 ℔ : & par conféquent l'homme qui veut parvenir au haut de cette montagne, eft obligé, à chaque pas qu'il fait, de porter un poids de 50 ℔, tandis que lorfqu'il marche fur un plan parfaitement horifontal, il n'eft pas obligé d'élever aucun poids. Lorfqu'un homme monte l'efcalier d'une tour, il arrive fouvent que le plan fur lequel il s'éleve eft encore plus incliné que celui dont nous venons de parler; dans ce cas, il porte une plus grande partie du poids de fon corps, & il fe fatigue plus vîte.

Les Architectes font fouvent ufage du plan incliné, pour élever de groffes pierres, des *architraves*, pour les placer fur leurs lits, fur des murs, des maifons, des tours; on s'en fert encore pour amener des balots d'un vaiffeau fur un terrein élevé. Les Charpentiers de navires en font encore ufage pour amener fur le rivage de grands vaiffeaux, afin de les radouber; & lorfqu'ils font en état, ils les lancent à l'eau, par le moyen de la même machine; de forte qu'on doit regarder le plan incliné comme une machine d'un très fréquent ufage & très commode.

§. CCCCLXXIII. D'après ce que nous venons de dire, il eft fort aifé de connoître quelle doit être la force d'une puiffance, pour foutenir une poids O [*Tab.* 8. *fig.* 2.], placé fur un corps quelconque. Soit une fuperficie courbe quelconque, par exemple HCEF, fur laquelle foit appliqué le corps O, qui touche cette furface en C; la puiffance P, qui doit foutenir ce fardeau, doit être au poids du corps O, comme AC, perpendiculaire menée du point du contact C fur la direction de la gravité OM du corps O, eft à CO, perpendiculaire conduite fur la ligne de direction de la puiffance.

Car, dans l'hypothefe préfente, le corps O eft foutenu de la même maniere qu'il le feroit s'il étoit appuyé fur le plan incliné BCD, qui eft une tangente au point C de la courbe HCEF : or un corps grave, placé fur un tel plan BCD, feroit, à l'égard de la puiffance P qui le foutiendroit à l'aide d'un levier courbé OCA, comme CO : CA.

§. CCCCLXXIV. Si ECH [*Tab.* 8. *fig.* 2.] étoit un quart de cercle, dont le centre fût en N, & que la droite NH fût perpendiculaire à l'horifon; la puiffance P, qui auroit à foutenir le poids O, auroit un moindre effort à faire, lorfque le corps feroit placé en H, & que la puiffance agiroit felon la direction d'une ligne qui feroit tangente au point H : parcequ'alors la puiffance pourroit être = 0, tout le fardeau du corps étant foutenu par le point fur lequel il porteroit.

§. CCCCLXXV. Mais fi la puiffance P agit toujours felon la même direction OP, cette puiffance agira avec la moindre force poffible, fi le poids O eft placé fur un des points de la courbe, qui foit telle, que la ligne CO, conduite du point de contact C, au centre de gravité O du corps, foit perpendiculaire à la ligne de direction PO de la puiffance.

§. CCCCLXXVI. Mais fi la puiffance, agiffant toujours felon la direction PO, le corps O eft placé entre le point C & le point H, ou entre les points C & E; la puiffance P devra être néceffairement plus grande : car, fuppofons que le corps foit defcendu au point E; alors foit conduite du point E la perpendiculaire EG fur OR, la puiffance qui agira au point R,

fera au fardeau O : : E O : E G ; or E O > E G ; par conféquent la puiffance ne pourra faire équilibre à la réfiftance, qu'elle ne foit plus grande que la réfiftance elle même.

§. CCCCLXXVII. Suppofons que le fardeau defcende encore plus bas que le point E, la ligne E G deviendra plus petite ; elle peut même devenir infiniment petite ; de forte qu'il faudra que la puiffance P ait une force infiniment grande pour foutenir le fardeau O, qui, dans ce cas, agit par le moyen du levier K F.

§. CCCCLXXVIII. Suppofons maintenant un mur E C F [*Tab.* 8. *fig* 3.], le long duquel la puiffance P tient en équilibre un fardeau O. Si on veut connoître l'effort que doit faire la puiffance dans cette hypothefe, foit conduite du centre de gravité du fardeau la ligne O C, perpendiculaire au mur ; & du point C, la ligne C A, perpendiculaire fur la direction O P de la puiffance : par ce moyen on conftruira le levier O C A, dont le point C fera le point d'appui, & par conféquent comme la gravité du fardeau agit felon la ligne O M, abaiffée de l'extrêmité O du bras de levier C O ; on aura P : O : : O C : C A : & conféquemment la puiffance fera plus grande que la réfiftance.

§. CCCCLXXIX. Soit l'ellipfe I G H K mue circulairement autour de fon centre B [*Tab.* 8. *fig.* 4.] : foit le levier B D, auquel foit appliquée la puiffance R, qui agit dans la direction D R : foit placé fur le périmetre de l'ellipfe un globe qui ne puiffe fe mouvoir que de haut en-bas, ou de bas en-haut, étant tiré par la puiffance P, felon la direction horifontale P O ; quelle doit être la force de la puiffance R, par rapport au globe O, pour que le globe demeure conftamment fur l'ellipfe ?

Du centre de gravité O du globe, foit menée la ligne O A, perpendiculaire à l'horifon ; du point de contact de ce globe avec l'ellipfe, foit conduite la ligne C A perpendiculaire fur O A : foit auffi tirée la ligne O E, qui foit prolongée jufqu'en E, fur laquelle foit menée du centre B la perpendiculaire B E. Suppofons maintenant que le poids du globe O = O A, la force avec laquelle ce globe eft appliqué contre l'ellipfe par la puiffance P qui le tire = C A. Par conféquent la force totale que ce globe exerce contre l'ellipfe = O C ; & conféquemment, de même que le finus de l'angle O C A eft au rayon, de même le poids du corps O eft à l'effort total que ce poids exerce contre l'ellipfe. Cet effort s'exerçant au point C, il eft comme appliqué à l'extrêmité du levier C B D, dont le centre du mouvement eft en B, & la direction de cet effort eft fuivant la ligne C E, éloignée du centre B de la quantité B E ; par conféquent la puiffance R, appliquée au point D du levier B D, doit être au poids qui fe fait fentir en E : : E B : B D.

§. CCCCLXXX. Si le poids O [*Tab.* 8. *fig.* 5. 6.] eft placé en I, extrêmité du petit axe I K de l'ellipfe, ou en G, extrêmité du grand axe G H de l'ellipfe, il y eft placé comme fur un feul plan ; par conféquent la puiffance R, appliquée à l'extrêmité D du levier B D, peut être = o.

§. CCCCLXXXI. Mais fi l'ellipfe vient à être portée du point I au point G, étant chargée du poids O, il en naîtra une diftance B E entre la ligne de direction felon laquelle le poids O agit, & le centre du mouvement B ; & cette diftance B E deviendra de plus grande en plus grande, jufqu'à ce

qu'elle ſoit devenue autant grande qu'elle puiſſe être : ce qui arrivera lorſque la ligne de direction tombera ſur un certain point de l'ellipſe, qui eſt lui-même à la plus grande diſtance du petit diametre I K ; cette diſtance D E diminuera enſuite, juſqu'à ce que le grand axe G H de l'ellipſe ſoit parvenu exactement au-deſſous de la ligne de direction du poids O. Lorſque la diſtance B E eſt autant grande qu'elle puiſſe être, le corps O réſiſte infiniment à la puiſſance R ; & on aura cette plus grande réſiſtance, lorſque le petit axe I K ſera au grand axe G H : : B N [*fig.* 4.] ſinus total (diſpoſé parallelement à l'horiſon) eſt à G N, tangente de l'angle G B N (1).

De la Vis.

On appelle *vis* une arête contournée autour d'un cylindre, ou creuſée autour d'une cavité cylindrique ; la premiere ſe nomme extérieure, l'autre eſt appellée intérieure ou *écrou*. L'uſage de cette machine exige qu'une des deux vis, dont nous venons de parler, tourne dans l'autre ; c'eſt-à-dire, que les filets ou arêtes de l'une s'engagent entre les filets de l'autre, & les parcourent ſucceſſivement : mais il faut qu'une de ces deux vis ſoit fixe.

Il faut donc toujours deux vis pour pouvoir ſe ſervir de cette machine, dont l'uſage eſt d'élever des corps, de les preſſer, ou de les faire mouvoir ; les filets des vis peuvent être angulaires, ou quarrés, ſimples, doubles, ou triples.

§. CCCCLXXXIII. Si une puiſſance B [*Tab.* 8. *fig.* 8.] fait tourner une vis autour d'une autre, ſoit l'écrou autour de la vis extérieure, ſoit cette derniere dans ſon écrou, ſelon une direction parallele à la baſe du cylindre : cette puiſſance ſera au poids O, qu'elle veut mouvoir, ou ſoulever, & qui eſt appliqué à l'extrêmité de la vis, comme Y Z, qui eſt la diſtance qu'il y a entre deux filets de la vis, qui ſe ſuivent immédiatement, eſt à la circonférence du cercle de la baſe.

En effet le filet Y Z [*fig.* 8.] n'eſt autre choſe qu'un plan incliné A C [*Tab.* 8. *fig.* 1.], mené autour d'un cylindre, ou un coin A C [*Tab.* 8. *fig.* 7.]. La puiſſance B, qui fait tourner la vis dans une direction parallele à la baſe, produit la même choſe que la puiſſance qui pouſſe le plan incliné ſelon la direction B A ; ou que la puiſſance P, qui fait avancer un coin ſelon la direction B A, & qui éleve, par ce moyen, le poids X. Or nous avons démontré (§. 463) que P : X : : C B : B A ; mais C B, dans l'hypotheſe préſente, n'eſt autre choſe que la diſtance Y Z, qui ſe trouve entre deux filets qui ſe ſuivent immédiatement : & B A repréſente la périphérie du cercle de la baſe. Donc, &c.

§. CCCCLXXXIV. Plus les filets de la vis ſont près les uns des autres, le diametre du cylindre demeurant le même, ou les filets étant à même diſtance les uns des autres, plus la groſſeur du cylindre augmente, & plus la puiſſance qui aura à élever un poids pourra être moindre : c'eſt pourquoi les vis, à doubles ou à triples filets, ne ſont pas d'un grand avantage pour augmenter l'effort de la puiſſance.

(1) Belidor, Archit. Hydraul. Liv. 3. chap. 4. pag. 156.

§. CCCCLXXXV. On a coutume de ficher un levier DF [*Tab.* 8. *fig.* 9.] dans la tête B de la vis, ou de l'attacher autour de cette même tête, pour faire tourner la vis plus facilement. Lorfqu'une puiffance D, appliquée à ce levier, tourne la vis felon une direction parallele à la bafe, il faut que cette puiffance, pour qu'elle puiffe élever le poids O, foit à ce poids comme la diftance Y Z, entre deux filets immédiatement confécutifs, eft à la périphérie du cercle que décrit l'extrêmité D du levier, à laquelle la puiffance eft appliquée.

§. CCCCLXXXVI. Plus le levier, à l'extrêmité duquel la puiffance fera appliquée, fera long, & moins la puiffance fera obligée d'employer de force pour vaincre la réfiftance.

§. CCCCLXXXVII. Nous faifons fur tout ufage de la vis pour preffer des corps, ou pour les élever : lorfque les filets d'une vis s'engagent entre ceux de fon écrou ; dans ce cas, 2, 3, 4, & même un plus grand nombre de filets, fe touchent immédiatement, & par de très grandes furfaces : & comme les parties qui fupportent une grande preffion s'appliquent fortement les unes aux autres, & que les inégalités des unes, quelque petites qu'elles foient, s'engrainent entre les inégalités des autres, quoique ces parties foient lubrifiées avec de l'huile, du favon ; le frottement de cette machine eft très confidérable, & il faut une puiffance beaucoup plus grande que celle que nous avons indiquée (§. 483) pour le vaincre : outre cela les filets des deux vis, étant engagés les uns dans les autres, s'oppofent à ce que la vis retourne fur fes pas.

Souvent on emploie le fervice de deux vis, comme on peut le remarquer [*Fig.* 9.]; on place alors entre ces deux vis une poutre de bois O, qui eft arcboutée par une maffe énorme, comme un mur, un toît, &c, qui fert à donner de la ftabilité à la machine.

Des Machines compofées.

§. CCCCLXXXVIII. Après avoir examiné les machines fimples, nous allons donner une légere notion de celles qui font compofées : celles-ci font compofées de différentes machines fimples, & on s'en fert dans le cas où il faudroit que les fimples fuffent trop grandes pour produire l'effet qu'on en devroit attendre; comme, par exemple, pour élever d'énormes fardeaux. Dans de telles circonftances, les machines, fi elles étoient fimples, ne feroient pas affez folides, eu égard à la grandeur qu'elles devroient avoir, ou elles occuperoient un efpace plus grand que celui qu'on pourroit leur accorder. On préfere, dans tous ces cas, les machines compofées, & pour procurer à la puiffance plus de facilité pour agir, & afin qu'une feule puiffe équivaloir à plufieurs, & puiffe fervir à différens ufages.

§. CCCCLXXXIX. Entre les machines compofées, la premiere qui fe préfente eft le pefon compofé, qui eft une machine propre à pefer des canons, des ancres de vaifseaux, & d'autres fardeaux confidérables.

A B C [*Tab.* 8. *fig.* 10.], eft un levier du fecond genre, dont l'axe, qui eft en A, eft placé & appuyé fur les yeux de la châfse A S; B eft un fecond axe, fur lequel tourne librement une feconde châfse, munie d'un crochet,

auquel on suspend le fardeau qu'on veut peser : on remarque encore, outre cela, un troisieme axe C, situé à l'autre extrêmité du levier : on tient le levier en équilibre avec lui-même, à l'aide d'un gros poids attaché à l'extrêmité G. D E F est une balance Romaine ; l'axe C, du premier levier C A, est joint avec le petit axe D de la romaine, par le moyen de la châsse C D ; on remarque encore à la romaine un second axe E, qui est soutenu, & qui roule dans les yeux de la châsse E R : le contre-poids M se meut librement le long du fléau E F de la romaine ; le poids L, appliqué à la tête D de la balance, sert à la mettre en équilibre avec elle-même.

Les choses, étant ainsi disposées, si le contre-poids M est en équilibre avec le fardeau P, on aura cette proportion, la puissance appliquée en C : P :: A B : A C. Or la puissance appliquée en C, est égale à un poids qui seroit attaché au point D de la romaine ; puisque l'extrêmité C du levier est sollicitée à se mouvoir de haut en-bas par la pression du poids P : on a donc M : C :: D E : E M. Et, en multipliant les uns par les autres les termes de ces deux proportions, on aura M × C : P × C :: M : P :: A B × D E : A C × E M.

§. CCCCXC. Il suit de-là que la puissance est à la résistance, en raison composée de toutes les raisons que la puissance devroit avoir à la résistance dans chaque partie de la machine, si on employoit séparément chacune de ses parties : cette regle est générale pour toutes les machines composées.

§. CCCCXCI. Outre cela, voici encore une regle générale, applicable à toute machine quelconque : la puissance, demeurant la même, plus le fardeau, contre lequel elle agit est lourd, & plus cette puissance le fait mouvoir lentement ; & au contraire, plus le fardeau est petit, & plus la même puissance lui communique de vîtesse. 2°. Tout ce que la puisance perd en vîtesse, elle le gagne en tems ; & tout ce qu'elle gagne en vîtesse, est toujours pris aux dépens du tems.

A l'aide de la même machine, si une puisance donnée éleve un fardeau de 200 ℔ à un pied, elle élevera un fardeau de 100 ℔ à la hauteur de deux pieds ; car si on appelle la puisance P, la vîtesse C, & le poids O, on aura toujours P = O C.

Soit maintenant un autre poids = o, sa vîtesse = c ; on aura encore P = o c : par conséquent O C = o c ; donc on aura O : o :: c : C.

§. CCCCXCII. On peut encore joindre plusieurs leviers ensemble, de même que nous en représentons ici trois [*Tab.* 8. *fig.* 12.], qui sont unis ensemble ; & par conséquent, suivant la regle que nous venons d'établir, le poids K : P :: A B × D I × E F : B C × I H × F L : car puisque

A B : B C :: R : P
D I : I H :: S : R
E F : F L :: K : S.

En multipliant les antécédens par les antécédens, les conséquens par les conséquens, on aura A B × D I × E F : B C × I H × F L :: R × S × K : P × R × S :: K : P.

§. CCCCXCIII. Nous avons quelquefois un levier composé à considé-

ter, quoique nous nous ſervions d'un ſimple levier pour agir. En effet, ſoit une pierre d'une certaine longueur A L(*F.*11.), qui ſoit couchée par terre : ſous une des extrêmités B M de cette pierre, ſoit inſéré un des côtés E F du levier E G, & que le point d'appui ſoit placé en F, & la puiſſance en G : que le centre de gravité de cette pierre ſoit en C, d'où on tire la perpendiculaire à l'horiſon C D; on aura alors un levier compoſé de deux, l'un qui ſera A B, & qui aura ſon point d'appui en A, dans lequel le poids C agira à la diſtance A D du point d'appui, & la puiſſance B, à la diſtance A B du même point d'appui A. Le ſecond levier ſera E F G, ſur l'extrêmité E duquel le poids ſera appliqué, & la puiſſance ſur l'autre extrêmité G; & par conſéquent la raiſon de la puiſſance appliquée au point G, eſt au poids de la pierre qu'elle veut ſoulever :: A D × E F : A B × F G.

Nos ponts-levis, qui ſont bâtis ſur pilotis, ſont des machines compoſées d'un levier du ſecond genre, & d'un guindal qui ſert à les lever, ou à les abaiſser. Ces ponts ſont ſimples, ou compoſés : cela dépend de la largeur du foſsé ſur lequel on les établit. En voici la conſtruction : le parquet A B [*Tab.* 8. *fig.* 13.] eſt mobile ſur deux gonds, l'un fixé en A, & l'autre au côté oppoſé ; ces deux gonds roulent ſur deux coquilles ſolidement établies dans deux pilotis : aux deux extrêmités E & B du parquet ſont attachées des chaînes B F, & E G, qui joignent ce parquet, chacune à l'extrêmité d'un guindal ; ces deux dernieres pieces, unies entr'elles par des ſolives H L, I K, K L, ne forment qu'un ſeul guindal : le centre de gravité du parquet ſe trouve vers ſa partie moyenne, en un point tel que C; ſi le guindal, à l'aide duquel on met cette machine en mouvement, repréſentoit un levier, dont les deux bras fuſsent égaux, & également peſans, la puiſſance, appliquée en M, & qui doit élever le parquet, devroit être au poids de ce parquet, réuni à ſon centre de gravité C, :: A C : A B : parceque A C B repréſente un levier du ſecond genre ; or comme ce parquet eſt conſtruit avec de grandes poutres, & des chevrons très peſans, il faudroit que la puiſſance M fût très conſidérable pour produire l'effet qu'on en attend : pour obvier donc à cet inconvénient, & faire qu'une puiſſance plus petite puiſse produire cet effet; la partie H I L K du guindal eſt beaucoup plus longue & plus peſante que l'autre H F & I G; &, par ce moyen, on fait enſorte que la plus lourde partie de ce guindal ſoit en équilibre, par ſon poids, avec ſon autre partie H F, & I G, ainſi qu'avec les chaînes F B, G E, & avec le poids que le parquet exerce ſur le point C; & par-là, une très petite puiſſance, appliquée en M, peut élever le parquet, qui devient moins peſant à proportion qu'on l'éleve plus haut (§. 423).

§. CCCCXCIV. On emploie ſouvent le ſecours de pluſieurs poulies, & on en conſtruit des machines, qu'on appelle *mouffles*, & auxquelles on donne différentes formes. Nous allons en décrire quelques-unes. Une mouffle eſt compoſée de deux parties; chaque partie de celle qui eſt repréſentée ici [*Tab.* 9. *fig.* 1.], contient trois poulies : on nomme cette eſpece de mouffle, mouffle à trois yeux. Une des deux parties eſt fixe, & l'autre eſt mobile, & peut ſe mouvoir de haut en-bas, & de bas en-haut. Les poulies, qui roulent dans chacune des parties de cette mouffle, ſont de différens diametres, afin que les cordes qui les enveloppent puiſsent ſe mouvoir

librement, ſans ſe toucher, & que le frottement qu'elles éprouveroient, ſi elles ſe touchoient, ne s'oppoſe point à leur mouvement. Le crochet T ſoutient, non-ſeulement le poids des mouffles, mais encore celui des cordes & du fardeau P, attaché au crochet de la partie qui contient les poulies mobiles ; & outre cela, le poids qui exprime l'effort de la puiſſance V.

Les Anciens conſtruiſoient autrement leurs mouffles [*Tab.* 9. *fig.* 2.] (1); elles étoient compoſées de trois poulies de même diametre, diſpoſées parallement les unes aux autres : les cordes ſont tellement diſpoſées, dans la conſtruction de cette mouffle, qu'elles ne peuvent point ſe toucher & ſe nuire dans leur mouvement. Cette eſpece de mouffle eſt plus commode que la précédente, que nous venons de décrire [*fig.* 1.]. L'une & l'autre produiſent le même avantage à la puiſſance. Dans l'une & dans l'autre il faut que la puiſſance V ſoit au poids P, comme l'unité eſt au nombre des cordes qui enveloppent les poulies inférieures ou mobiles ; car toutes les cordes qui embraſſent les poulies ſont également tendues par l'effort du poids P, & par conſéquent chacune ſupporte une partie égale du fardeau : or, dans chacune de ces deux eſpeces de mouffles, il y a ſix cordes qui enveloppent les poulies inférieures ; car, ſoit que la puiſſance ſoit appliquée au point S, & qu'elle agiſſe par la corde N S, ſoit qu'elle ſoit appliquée au point V, & qu'elle tire ſelon la direction V K, ce ſera toujours la même choſe ; & par conſéquent la puiſſance appliquée au point V eſt au poids P : : 1 : 6. Pareillement l'eſpace parcouru par le poids P, eſt à celui que la puiſſance parcourt dans le même tems : : 1 : 6. Il ſuit de-là que ſi la mouffle eſt conſtruite de même que celle qui eſt déſignée [*Tab.* 9. *fig.* 3.], la poulie inférieure F G, ayant trois cordes qui lui appartiennent ; ſavoir, E D, C F, G B, la puiſſance V parcourra trois fois plus d'eſpace dans le même tems, que le poids P ; & on aura V : P : : 1 : 3.

Dans ce cas le crochet T ſupportera le poids du fardeau P ; le poids des poulies, & un poids qui ſera égal à l'effort de la puiſſance V : ſi le poids du fardeau = 100 ℔, que celui de la poulie F G = 4 ℔, l'effort de la puiſſance V ſera = 38. Si le poids de la poulie A B & C D = 8, le crochet T ſera chargé d'un poids = 160 ℔.

§. CCCCXCV. On peut encore diſpoſer les poulies de maniere qu'elles ſoient toutes mobiles de bas en haut ; dans ce cas, une petite puiſſance ſera en état d'élever un très grand fardeau : ce qu'on connoîtra ſur-le-champ, en jettant les yeux ſur la [*Tab.* 9. *fig.* 5.], dans laquelle l'avantage de ces poulies, & le rapport de la puiſſance au fardeau, ſont indiquées par des chiffres. Dans cette conſtruction, il faut que la ſolidité de la poutre, à laquelle les cordes ſont attachées, ſoit ſuffiſante pour ſoutenir le poids du fardeau = 16 ℔, plus le poids des poulies & des cordes, moins cependant la quantité de ce poids = 1, que la puiſſance ſoutient.

§. CCCCXCVI. On peut encore les diſpoſer d'une maniere plus élégante, telle que celle que nous allons décrire.

G B [*Tab.* 9. *fig.* 4.] eſt une poulie fixe, ſuſpendue au crochet E ; A eſt le fardeau qu'il faut élever, auquel on attache la corde F G, B H, qui enveloppe la poulie fixe G B : la corde B H eſt attachée en H à la châſſe de la ſeconde poulie C ; la corde qui enveloppe cette ſeconde poulie eſt attachée

(1) Vitruvius, Lib. 10. cap. 5. p. 409.

d'une

d'une part au fardeau A, & ſuivant la direction L O H C M : ſon autre extrêmité M eſt attachée à la châſſe de la troiſieme poulie D I ; enfin la corde, à l'extrêmité de laquelle la puiſſance P eſt appliquée, eſt auſſi, par ſon autre extrêmité, attachée au même fardeau A, & ſuivant la direction K I M D : elle paſſe ſur la gorge de la troiſieme poulie I D.

Pour déterminer maintenant quelle doit être la grandeur de la puiſſance appliquée en P, relativement au poids du fardeau A; concevons que ce poids A eſt diviſé en trois poids, X, Y, Z, ſuſpendus à chacune des cordes qui enveloppent chaque poulie : dans cette hypotheſe, la puiſſance P doit être égale au poids Y ; & par conſéquent P + Y + le poids de la poulie I D, doivent être conſidérés comme ſuſpendus à l'extrêmité M de la corde C M. Dans cette ſuppoſition, le poids Z doit équivaloir à ces trois poids. Maintenant, en procédant toujours de la même maniere, il eſt conſtant que l'extrêmité H de la corde B H eſt chargée du poids P, + du poids Y, + du poids de la poulie I D, + du poids Z, + du poids de la poulie O C ; & par conſéquent que le poids X, ſuſpendu à la corde H B G, eſt égal à tous ces poids : or puiſque Y = P, & Z = Y + P = 2 P + le poids de la poulie & X = 2 Z = 4 P + le poids de la poulie ; on aura Y + Z + X, ou A = 7 P + le poids de deux poulies : par conſéquent le poids P ſera propre à élever le poids A, ſi P = $\frac{1}{7}$ de A. Il y a encore beaucoup d'autres manieres de diſpoſer des poulies, dont nous ne parlerons pas ici, dans la crainte d'entrer dans de trop longs détails.

§. CCCCXCVII. Le *cric* eſt une machine compoſée d'une lame de fer dentée A K [*Tab. 9. fig. 6.*] ; ſur la tête A, ou ſur le crochet K de laquelle on appuie les fardeaux qu'on veut élever ou mouvoir ; les dents de cette lame engrainent avec les aîles d'un pignon B, qui a le même axe que la grande roue dentée C : les dents de cette roue engrainent avec les aîles d'un autre pignon D, à l'axe duquel eſt adapté une manivelle F E ; la puiſſance appliquée au point F de cette manivelle, doit être au poids qui s'appuie ſur la tête A de la regle dentée, en raiſon compoſée des demi-diametres des pignons ou lanternes B & D, au demi-diametre de la roue C, & de la longueur de la manivelle E F. Suppoſons donc que le rayon de chaque lanterne = 1, que le rayon de la roue C = 6, & que la longueur de la manivelle E F = 6 ; on aura la proportion ſuivante : la puiſſance eſt au poids qu'elle doit faire mouvoir, : : 1 : 36.

§. CCCCXCVIII. On fait quelquefois mouvoir des roues dentées par le moyen d'une vis, qu'on appelle, dans ce cas, *vis ſans fin ;* telle qu'eſt la vis A [*Tab. 9. fig. 7.*], qui engraine avec les dents de la roue B : le pivot de cette roue porte un pignon, dont les dents engrainent avec les dents de la roue C, ſur l'axe D de laquelle s'enveloppe une corde, à l'extrêmité de laquelle eſt attaché le poids qu'on veut élever. A la tête E de la vis ſans fin, eſt adapté un levier que la puiſſance fait mouvoir circulairement : dans la figure, deſtinée à repréſenter cette machine, on a ſubſtitué un tambour E F au levier dont nous venons de parler : ce tambour, fixé ſur la tête E de la vis ſans fin, eſt enveloppé par une corde qui paſſe ſur la poulie G, & à l'extrêmité de laquelle la puiſſance eſt attachée, laquelle eſt repréſentée par un petit poids P. Dans le cas d'équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance, il faut

que la puissance soit à la résistance en raison composée du demi-diametre de l'axe D + du demi-diametre du premier pignon, + de la distance qu'il y a entre deux filets immédiatement consécutifs de la vis sans fin; au demi-diametre de la roue C & de la roue B, + à la circonférence du tambour EF. Si les antécédens de ces raisons = 1 + 1 + 1, & les conséquens 5 + 5 + 100, la puissance sera au fardeau qu'elle doit élever, : : 1 : 2500; ce qui prouve manifestement le grand avantage de ces machines, par le moyen desquelles on peut élever de très grands fardeaux avec de très petites puissances.

§. CCCCXCIX. On construit encore des treuils avec plusieurs roues dentées, qui portent sur leurs axes des pignons, ou de petites roues dentées: à l'axe de la plus grande roue est attachée la corde qui porte le fardeau, & cette corde, par le mouvement circulaire de cet axe, se raccourcit en enveloppant cet axe. La manivelle qui conduit cette machine, & à laquelle la puissance est appliquée, s'adapte à l'axe de la derniere roue: or puisque les dents qui divisent la circonference de ces roues sont comme leur périphérie, & leur périphérie comme leurs diametres, ou leurs rayons, on pourra donc trouver aisément le rapport que la puissance devra avoir avec la résistance dans de telles machines, sans faire attention aux rayons de ces différentes roues; mais seulement au nombre de dents qu'elles porteront. Pour cela faire, qu'on divise le nombre des dents que portent les grandes roues, par le nombre de dents, ou d'aîles, que portent leurs pignons. Et de même que le quotient qui en viendra sera à 1; de même le poids sera à la résistance: si on multiplie après cela le quotient par la longueur de la manivelle, & l'unité par la longueur du rayon de l'axe sur lequel la corde se contourne, le premier produit sera au second, comme le poids est à la puissance.

§. D. La figure des dents de toutes les roues, n'est pas celle que MM. *de Roemer* & de *la Hire*, déterminerent autrefois être la meilleure.

§. DI. Lorsqu'on veut construire une machine composée de roues dentées & de pignons, & que le fardeau qu'on veut mouvoir, ainsi que la puissance qu'on veut employer, sont donnés, il est aisé de déterminer alors le nombre de roues & de pignons qu'on doit employer pour construire cette machine: il ne s'agit que de diviser le nombre qui désigne le poids du fardeau, par celui qui exprime l'intensité de la puissance: & ensuite de diviser le quotient par des nombres qui, multipliés les uns par les autres, deviendront égaux à ce quotient; alors, si on prend chaque pignon pour l'unité, on aura le nombre des roues & des pignons. Par exemple, supposons que la puissance donnée = 1, que le fardeau = 150; en divisant 150 par 1, le quotient sera = 150: divisez ensuite ce quotient par des diviseurs exacts, tels qu'ils soient, par exemple, par 10, par 5, par 3; alors on construira une roue, dont le rayon sera = 10, une autre dont le rayon sera = 5, une troisieme enfin dont le rayon sera = 3. Adaptez à ces roues des pignons, dont les rayons soient = 1, par rapport aux rayons des roues, avec lesquelles ils doivent engrainer; or de même que les circonférences sont entr'elles comme les rayons, faites pareillement que le nombre des dents des roues aient le même rapport avec le nombre des dents des pignons: par exemple, si le premier pignon porte 4 dents, la roue, avec laquelle il engraine, doit porter 40 dents; si le second pignon a 5 dents, la seconde roue en doit

avoir 25 : enfin ſi la troiſieme lanterne a 4 dents, la troiſieme roue doit en porter 12.

§. DII. Le nombre des roues d'une machine étant donné, trouver combien de fois la grande roue fait ſa révolution, tandis que celle qui ſe meut le plus lentement ne fait qu'une ſeule révolution ?

Que le nombre des dents de chaque roue ſoit diviſé par le nombre des dents du pignon, avec lequel chacune engraine ; multipliez enſuite les quotiens trouvés, les uns par les autres, & le produit ſera le nombre cherché : par exemple, ſi la premiere roue porte 40 dents, & que ſon pignon en porte 4, vous aurez alors $\frac{40}{4} = 10$. Si la ſeconde roue porte 25 dents, & ſon pignon 5, alors vous aurez $\frac{25}{5} = 5$; enfin ſi la troiſieme roue porte 12 dents, & ſon pignon 4, vous aurez $\frac{12}{4} = 3$. Multipliant enſuite tous ces quotiens, les uns par les autres, vous aurez $10 \times 5 \times 3 = 150$. Cela poſé, ſi la puiſſance eſt appliquée à la premiere roue, lorſque cette roue aura fini ſa cent cinquantieme révolution, la derniere lanterne n'aura encore fait qu'une ſeule révolution ; ou ſi la puiſſance eſt adaptée à cette lanterne, lorſqu'elle aura achevé une révolution, la plus grande roue en aura fait 150.

§. DIII. On peut encore rapporter au treuil la *grue à cliquet* (1) ; parcequ'elle eſt compoſée d'un treuil & d'un levier : autour de l'axe D D [*Tab.* 10. *fig.* 1.], s'enveloppe la corde, à une des extrêmités de laquelle eſt attaché le poids P, qu'on veut élever, ou faire deſcendre : la grande roue E E, qui eſt appliquée à l'axe D D de cette machine, eſt dentée ; les pinces F P H, G O K, engrainent avec cette roue : & lorſqu'elles échappent, elles retombent, par leur propre poids, de dents en dents. Ces pinces, mobiles aux points F & G, ſont adaptées au levier A A, aux extrêmités duquel on applique ceux qui doivent ſervir cette machine : lorſqu'on baiſſe un des côtés du levier A A, le côté oppoſé s'éleve ; celui qui s'éleve tire à lui la pince qui répond à ce côté, & par ce moyen la déſengraine, tandis que le côté du levier, qui eſt abaiſſé, pouſſe, par ſon abaiſſement, la pince qui lui répond, laquelle pouſſe elle-même la roue, & la fait tourner enſuite. Lorſque le côté du levier qui avoit été élevé, eſt abaiſſé à ſon tour, la pince qui appartient à ce côté tombe ſur la denture de la roue, & engraine avec la dent qui lui répond ; & cette manœuvre ſe répete alternativement. Dans cette machine, la puiſſance eſt en raiſon compoſée, & de la diſtance au centre du mouvement C, & du diametre de l'axe D D : & le poids eſt en raiſon compoſée de la longueur du levier C A, & du diametre E E de la grande roue.

Lorſqu'il s'agit de faire deſcendre un poids d'une hauteur quelconque, on fait uſage, dans cette machine, de l'appareil ſuivant : M L eſt un levier mobile autour du point V ; à ſon extrêmité L pend une chaîne L N, qui

(1) *Muſſembroek* nomme cette machine *geranio mochlis* ; & ce n'eſt que d'après ſon uſage & ſa deſcription, que nous avons cru devoir la nommer *grue à cliquet* : d'ailleurs ces deux mots ſont dérivés de *geranium*, qui ſignifie grue ; & d'*hypomoclion*, qui ſignifie un point d'appui : d'où l'on doit dire *grue à point d'appui*. Mais comme les principaux points d'appui qu'on conſidere dans cette machine, & qui la diſtinguent d'un treuil ordinaire, ſont conſtruits de la même maniere que les cliquets qu'on adapte derriere les barillets des pendules à reſſort, nous avons cru que ce ſeroit entrer davantage dans l'idée de cette machine en l'appellant *grue à cliquet*.

tient un cerceau de bois tendre, qu'on peut dilater ou resserrer par le moyen des charnieres S, R, Q, N: ce cerceau entoure l'axe du cylindre, à une très petite distance duquel il est placé; afin que lorsqu'on l'éleve un peu, il puisse toucher cet axe, & occasionner un frottement propre à modérer la rapidité du mouvement, que la chûte du poids P peut occasionner. Or pour que, dans cette circonstance, les pinces F H, & G K puissent s'élever alternativement, il y a une cheville saillante, plantée perpendiculairement au point I du levier M L, laquelle, lorsqu'on a baissé l'extrêmité M du levier M L, éleve la pince G K, qui, étant élevée elle même, éleve l'autre pince, lorsque le talon O de la premiere porte contre la branche de la seconde pince FH; & alors l'axe obéit au poids, & tourne sur lui-même, jusqu'à ce qu'on l'arrête, en abaissant davantage l'extrêmité M du levier ML, & en augmentant, par ce moyen, le frottement du cerceau sur l'axe de la machine.

§. DIV. On joint encore ensemble deux plans inclinés A B, B C [*Tab.* 9. *fig.* 8.], sur lesquels deux poids, P, Q, peuvent être en équilibre entr'eux; dans ce cas ces poids doivent être entr'eux, comme la longueur des plans AB, BC. En effet, supposons que les cordes P D, & D Q, passent sur une poulie D, & qu'elles soient disposées parallelement aux plans A B, BC; concevons alors que le poids P est en équilibre avec le poids S, suspendu perpendiculairement selon la hauteur du plan D B I: dans cette supposition, on aura P : S : : AB : BI. Pareillement si le poids Q est aussi en équilibre avec le poids S, on aura Q : S : : B C : B I; & par conséquent P : S : : A B : BI; S : Q : : BI : B C; donc P : Q : : A B : B C.

Si les deux plans A B, & B C sont unis entr'eux au point B, & que le poids P = Q; alors la même puissance ne pourra pas faire équilibre à ces deux poids: s'ils sont placés chacun sur un des plans A B, & B C, il faudra nécessairement que la puissance qui aura à soutenir un de ces poids sur le plan B C, qui est moins incliné, soit plus grande que celle qui aura à soutenir l'autre poids, égal au premier, placé sur le plan B A, plus incliné.

§. DV. Le *pont-roulant* (1) est composé de deux plans inclinés joints ensemble B A D C [*Tab.* 10. *fig.* 4.], garnis depuis le bas jusqu'au haut de cylindres mobiles sur leurs axes; afin que le bateau N, qu'on veut faire monter ou descendre, ne frotte pas sur le plan, mais sur les cylindres qui, se mouvant aisément sur eux-mêmes, rendent le frottement beaucoup moins rude. Ces deux plans n'ont pas toujours l'un & l'autre la même inclinaison, souvent l'un des deux est plus incliné que l'autre; parceque la hauteur de l'eau, qui borde ces deux plans, n'est pas toujours la même des deux côtés: & conséquemment le plan est plus incliné du côté que l'eau est plus basse. Les ouvriers qu'on applique à cette machine sont placés sur un plan solide E L, d'où ils font mouvoir les leviers G, H des roues établies sur les extrêmités de l'axe K; à cet axe K est attachée une chaîne, ou un cable K F, à l'extrêmité duquel est attaché le bateau N, qu'on veut élever: le bateau, étant élevé du fond B de la fosse, jusqu'au haut A du plan incliné BA, dès que son centre de gravité est parvenu en A, ce bateau s'incline sur l'autre plan D C: &, par son propre poids, il est emporté dans l'autre fosse

(1) Belidor, Archit. Hydraul. Vol. 4. Liv. 4. pag. 42.

C. J'ai, parmi mes machines, un de ces ponts, dont chaque plan incliné eſt de 13 pouces de longueur, & de 3 pouces de hauteur; les leviers des roues ont 4 pouces de longueur, le demi-diametre de l'axe eſt = $\frac{1}{3}$ de pouce: d'où il ſuit que la puiſſance G, ou H, qui fait mouvoir les leviers, eſt au poids qu'elle doit élever : : 3 × $\frac{1}{3}$: 13 × 4 : : 1 : 52.

Si on emploie donc deux ouvriers pour faire mouvoir la machine, & que les forces qu'ils emploient = 60 ℔; c'eſt-à-dire, que la force de chaque ouvrier = 30, ils parviendront à faire monter de la foſſe B un bateau qui peſera 3120 ℔. Ces ſortes de machines ſont fort communes en Hollande : elles ſont conſtruites avec de très grandes roues, afin qu'on puiſſe s'en ſervir avantageuſement, pour faire monter, de foſſe en foſſe, ſur la levée, de très gros vaiſſeaux.

§. DVI. Le treuil peut encore être joint avec des poulies, & former, à l'aide d'un bec fort élevé, une machine qu'on nomme *grue*.

Les *grues* ſont faites de pluſieurs manieres : en voici une qui eſt très commode dans ſon uſage [*Tab.* 10. *fig.* 2.]. On remarque aux deux côtés de cette machine une manivelle, à laquelle on applique les puiſſances qui doivent la faire mouvoir; l'axe qui porte ces deux manivelles, porte auſſi une petite roue dentée A, dont les dents engrainent avec celles de la grande roue C, dont l'axe eſt établi en D : ſur cet axe s'enveloppe la corde D E F G, laquelle, ſuivant la direction du long bec W E de la grue, paſſe ſur la gorge de la poulie E, & ſous celle de la poulie F, & vient enfin s'attacher au crochet G : à la châſſe de la poulie F, eſt ſuſpendu le fardeau P, qu'on veut élever. Cette conſtruction étant ſuppoſée, quelle force doit employer la puiſſance appliquée à l'extrêmité B de la manivelle, pour faire mouvoir le fardeau P? Voici la maniere de réſoudre cette queſtion. La puiſſance qui ſeroit appliquée en E, ou en D, agiſſant contre un poids qui eſt ſuſpendu à la châſſe d'une poulie mobile F, n'auroit à porter que la moitié du fardeau P; le diametre de l'axe D étant à celui de la roue C : : 1 : 20, la puiſſance qui agiroit contre une des dents de la roue C, ne porteroit que $\frac{1}{40}$ du fardeau. Le rayon de la manivelle B, étant à celui de la petite roue : : 2 : 1, la puiſſance appliquée à l'extrêmité de la manivelle doit être = $\frac{1}{2}$ A; ou, par rapport au poids P, : : 1 : 80. Cela poſé, un ſeul homme, appliqué à cette machine, pourra élever un très grand fardeau; car s'il emploie 10 ℔ de force, il fera équilibre à une réſiſtance = 800 ℔ : & ſi on applique un homme à chaque manivelle, qui agiſſent l'un & l'autre avec une force = 10 ℔, ils ſoutiendront conjointement un poids de 1600 ℔.

Cette machine eſt conſtruite de maniere, qu'elle peut ſe mouvoir circulairement ſur la colomme H, H, à l'aide du levier K.

Comme on ne ſe ſert pas de cette machine pour élever préciſément des fardeaux, mais encore pour les faire deſcendre, voici un autre appareil qu'on joint à cette machine, & dont on peut voir une légere eſquiſſe N L M dans la figure 2; mais qu'on pourra mieux diſtinguer par la figure 3, où chaque piece eſt deſſinée en grand.

N O *a* [*Tab.* 10. *fig.* 3.], eſt un levier mobile, qui ſe meut ſur ſon axe O, à l'extrêmité N de ce levier eſt attachée une corde N L M, qui paſſe ſur la gorge de la poulie L. Le levier, dont nous venons de parler, porte une

cheville Q, difpofée horifontalement, & qui excede l'épaiffeur du levier: lorfque le fardeau M, appliqué à l'extrêmité de la corde, tire cette corde par fon poids, il éleve alors l'extrêmité N du levier, & abaiffe par conféquent l'autre extrêmité *a* du même levier; cette extrêmité *a* ne peut être abaiffée que le demi-cercle de fer β V, qui eft joint à ce levier, ne foit auffi abaiffé. Le poteau T, fur lequel ce demi-cercle eft attaché d'une part, eft fixé folidement fur le pied de la grue; or, dans le même tems que l'extrêmité *a* du levier eft abaiffée, ainfi que le demi-cercle β V; dans le même tems la cheville Q, qui fe meut librement dans la rainure R, éleve le levier R X, dont le centre du mouvement eft fur une piece de fer S: ce levier ne peut être élevé, qu'il n'éleve lui-même le cliquet Y; & conféquemment qu'il ne dégage le rochet; c'eft-à-dire, qu'il ne leve l'obftacle qui s'oppofoit au mouvement de la roue à crochet Z. Cette roue eft adaptée fur le même arbre que la petite roue A, & elle fert à empêcher que le poids P ne defcende précipitamment, lorfque la puiffance, appliquée aux extrêmités des manivelles, ceffe d'agir, & abandonne, par ce moyen, la machine à elle-même. Sur le même axe, dont nous venons de parler, qui porte la roue à crochet, & la petite roue A, eft adaptée, poftérieurement à ces deux roues, une troifieme roue δ, faite de bois tendre, fur laquelle porte le demi-cercle β V; lorfqu'on l'abaiffe, & que le rochet eft lâché, ce demi-cercle de fer, portant alors fur une roue de bois tendre, occafionne un frottement qui rallentit le mouvement des roues, & conféquemment celui du poids M: or comme ce frottement peut être augmenté ou diminué à difcrétion, fuivant qu'on abaiffera plus ou moins le demi-cercle β V, en tirant plus ou moins la corde, le poids defcendra plus ou moins lentement, ou même pourra demeurer fufpendu, lorfqu'on le jugera à propos. On doit l'invention de cette machine à un célebre Artifte nommé *Padmore*; & c'eft l'ingénieux *Defaguilliers* (1) qui nous en a donné le premier une defcription très exacte.

§. DVII. Nous devons encore aux foins du célebre Phyficien, dont nous venons de parler, la defcription d'un mouton, au moyen duquel on peut, par le fecours de trois chevaux, enfoncer des pieux trés aifément en terre [*Tab.* 11. *fig.* 1. 2.]. Mais je décrirai ici avec foin cette machine, telle qu'elle a été perfectionnée, & plus étendue dans fes ufages par *Jacq. Kley*, célebre Artifte de Rotterdam.

A l'aide de la machine Angloife, on ne peut que frapper les pieux qui fe trouvent fitués perpendiculairement fous la tête du mouton; & il arrive fouvent qu'on a à enfoncer des pieux qui fe préfentent obliquement, & qui font éloignés, par leur pofition à quelque diftance de la machine: or celle que je décris ici renferme ces deux avantages; parceque les deux poutres A B, A B, qui dirigent le mouton dans fa chûte, peuvent fe difpofer perpendiculairement, ou obliquement, en tant qu'elles font mobiles autour du centre C, & qu'on peut les éloigner à difcrétion de la ligne verticale & de la machine, à l'aide du levier G, qui s'engage entre les dents de la roue dentée E. Les dents de cette roue font arrêtées, & conféquemment le mou-

(1) Courfe of Experimental. Philofoph. Vol. 1.

vement de la roue, par le cliquet K : cette roue eſt fixée ſur un axe qui porte un pignon H, appliqué au centre de cette roue : les aîles de ce pignon s'engrainent avec les dents de la crémaillere F, qui eſt jointe avec la partie inférieure de la machine, que nous avons fait deſſiner à part [*Tab.* 11. *fig.* 2.] ; parcequ'elle n'auroit pu être repréſentée commodément avec l'enſemble de la machine. Je n'entrerai pas dans un plus long détail ſur la deſcription de cette machine ; un habile ouvrier ſera en état de la copier d'après le deſſein que nous en avons donné : nous ferons ſeulement remarquer ici qu'elle ne peut être employée que dans un endroit où on pourroit diſpoſer d'un grand terrein pour la placer.

§. DVIII. Afin de joindre l'agréable à l'utile, nous allons décrire une petite ſtatue, imaginée depuis peu dans la Chine, qui exécute tous les tours d'équilibre que nous voyons faire aux ſauteurs, en s'élançant ſucceſſivement ſur tous les degrés d'un gradin, depuis le plus élevé juſqu'à celui qui eſt le plus bas. Nous avons décrit [*Tab.* 11. *fig.* 3.] une partie des attitudes dont elle eſt ſuſceptible. *Jean Snellen*, un des plus honorables citoyens de Rotterdam, homme ingénieux, & d'une belle imagination, devina la conſtruction de cette figure, ſans en avoir vu les parties intérieures, & en a conſtruit une ſemblable, beaucoup plus parfaite ; c'eſt à ſa complaiſance que je ſuis redevable de la deſcription que je vais donner de cette petite figure magique.

La premiere figure repréſente cette ſtatue appuyée ſur deux piquets, comme ſur un ſiege, & qui eſt en repos, dans l'attitude que la figure indique : la ſeconde figure repréſente le profil de ſon corps [*Tab.* 11*. *fig.* 2.] : A B eſt une petite ſolive, ſelon la longueur de laquelle ſont percés deux trous D, C, qui reçoivent les axes de ſes bras & de ſes cuiſſes : K eſt une cheville ſaillante, qui empêche que les cuiſſes de cette figure ne tournent au-delà de ce qui convient.

On voit en E [*Tab.* 11*. *fig.* 2.] l'origine d'un canal oblique, par lequel coule le mercure, dont on a rempli en partie la cavité MNBG ; mais en ſuffiſante quantité pour qu'il puiſſe remplir la cavité F du col, & celle de la tête de la figure : en I ſont placés deux petits crochets, par leſquels on fait paſſer un fil ; en H eſt un petit morceau de bois ſaillant, qui eſt percé en cet endroit.

La figure troiſieme repréſente le dos de la ſtatue, qui comprend la petite ſolive AB, que traverſent les canaux CC, DD, au travers deſquels roulent les axes des bras & des cuiſſes. Les autres lettres I, I, & K, K, déſignent les petites éminences que nous avons décrites figures 2. La figure 4 repréſente le bras & la main de la ſtatue : la figure 5 repréſente auſſi la même choſe, avec cette différence, qu'on diſtingue mieux dans celle-ci l'axe DD, qui paſſe par le canal repréſenté dans la figure 3, & qui eſt déſigné par la lettre D dans la figure 2. Dans la figure 5, la lettre L repréſente une poulie, ſur la gorge de laquelle paſſe le fil, que reçoivent les petits crochets I, I, figure 3, & qui paſſe encore par le trou H, figure 2 ; & qui eſt enfin fixé dans le trou D, qu'on remarque dans la figure 8 : c'eſt à l'aide de ce fil que les bras de la ſtatue ſont portés en arriere, lorſque le corps de cette mê-

me ſtatue s'incline de ce côté. La figure 6 repréſente la main, & la 7e déſigne la cuiſſe, dans laquelle eſt fichée le piquet A, ſur lequel la ſtatue eſt appuyée : par le trou B, paſſe un axe, déſigné par la lettre E dans la figure 8, & qui eſt fixe aux deux points BB; par le trou C de la figure 7 paſſe auſſi un autre axe, autour duquel les cuiſſes font leurs révolutions : cet axe eſt déſigné par les lettres C, C de la figure 8, dans laquelle il paroît uni avec les deux traverſes A, A. Cette figure 8 repréſente les cuiſſes & leurs dépendances. La figure 9 repréſente le pied. La figure 10 comprend deux lignes, l'une X, qui déſigne la largeur qu'il faut donner aux degrés du gradin, ſur lequel la ſtatue doit ſe mouvoir : & la ligne Z indique quelle hauteur chaque degré doit avoir.

La tête, le col, & la poitrine, comprennent la cavité F, figure 2, qui communique, par le moyen du trou oblique E, avec la cavité MNBG; à la partie antérieure de la cavité de la poitrine eſt un entonnoir, large & ſolidement maſtiqué à cet endroit : entre cet entonnoir & le dos de la ſtatue, eſt un conduit qui ſe rend dans ſon col & dans ſa tête. On met une quantité déterminée de mercure dans la cavité inférieure, que nous avons décrite figure 2 ; ce mercure coule de cette cavité dans le dos, du dos dans le col & dans la tête, de-là dans l'entonnoir : d'où il coule enfin dans la premiere cavité, dans laquelle on l'avoit mis ; & c'eſt l'écoulement de ce mercure qui eſt la cauſe de tous les mouvemens que cette ſtatue exécute. En effet, lorſque la ſtatue eſt établie ſur les deux piquets dont nous avons parlé, le centre de gravité de toute cette machine tombe au-delà de l'appui des piquets ; alors le dos de la ſtatue commence à ſe fléchir en arriere : à proportion que le dos de la ſtatue ſe porte en arriere, le mercure coule de la cavité M N B G dans le dos de la figure ; ce qui fait que le centre de gravité continue à deſcendre en arriere. Ce mouvement en occaſionne un pareil dans les bras de cette ſtatue ; & ils ſe portent pareillement en arriere : le centre de gravité s'éloigne encore de plus en plus ; alors le mercure paſſe du dos dans la capacité de la poitrine, & les pieds de la ſtatue s'élevent de bas en-haut. De la poitrine, le mercure coule dans la tête ; alors cette partie acheve de ſe porter en arriere, & la ſtatue s'appuie ſur ſes mains, entre leſquelles la tête ſe trouve placée : le centre de gravité, changeant encore de place, les pieds retombent en ſens contraire ; & le dos, venant à ſe courber, le mercure retombe de la tête dans l'entonnoir, de l'entonnoir il paſſe dans le canal E, d'où il va remplir inſenſiblement la cavité E MNBG : laquelle, étant remplie, la ſtatue ſe redreſſe ſur le ſecond degré. Dans cette ſituation, elle recommence de nouveau les mêmes mouvemens ; & ainſi de ſuite de degrés en degrés. Tous ces mouvemens s'exécutent lentement & ſucceſſivement ; parcequ'étant produits par l'écoulement du mercure, il faut un tems d'une certaine durée, pour qu'il puiſſe paſſer par toutes les routes que nous venons d'indiquer.

§. DIX. Ceux qui ſe ſont ſur-tout attachés à traiter géométriquement la Méchanique, ſont les célebres Mathématiciens *Outghrede* (1), *Wallis* (2),

(1) Opuſcula Mathematica. (2) Mechanica ſivè de motu.

de

de la Hire (1), *Varignon* (2), *s'Gravesande* (3), *Desaguilliers* (4).

Des sept machines simples dont nous avons donné la description & l'usage, on peut former un nombre infini de différentes machines composées, propres à différens usages : il ne s'agit que de les combiner de différentes manieres, en plus grand ou en plus petit nombre; ou même de réunir ensemble toutes les machines simples, selon qu'on les juge propres au service qu'on en veut tirer. Ceux qui voudront connoître parfaitement la structure & la disposition des moulins à vent, ou à eau, la situation, la direction, & le mouvement de leurs aîles, & de leurs vannes, pourront consulter sur cela le célebre *Martin* (5). Nous avons encore actuellement de très célebres Mathématiciens, qui continuent à donner tous leurs soins à ces sortes de machines; savoir, *Lulofs*, *Martin*, *Euler* : ceux qui souhaitent voir une riche collection de machines, doivent consulter les Ouvrages de *Beissonius* (6), *Ramelli* (7), *Bockler* (8), *Jean Brancan* (9), *Victor Zonca* (10), *Perrault* (11); mais sur tout *Leupolde* (12), *Belidor* (13) : ainsi que les Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris (14). Ces Auteurs, judicieux & exacts, ont recueilli les meilleures machines, les ont fait graver, & les ont décrites en grande partie.

(1) Traité de Méchanique.

(2) Nouvelle Méchanique ou Statique.

(3) Elementa Physicæ, v. 1.

(4) Course of experim. Philosoph.

(5) Philosophia Britannica, Vol. 1 à pag. 144. ad pag. 155.

(6) Theatrum Machinarum.

(7) Le diverse & artificiose Machine.

(8) Theatrum Machin. novum.

(9) Le Machine volume nuovò & di molto artificio.

(10) Nuovo Theatro di machine & edificii.

(11) Recueil de diverses machines.

(12) Theatrum Machinarum, Pontificiale, Staticum, Hydraulicum, Hydrotechnicum.

(13) Architecture hydraulique, 4 vol.

(14) Machines & inventions approuvées par l'Académie Royale.

CHAPITRE IX.

Du frottement des Machines.

§. DX. On ne pourroit point, à l'aide des machines que nous venons de décrire, faire mouvoir les fardeaux dont nous avons parlé; si on se contentoit d'appliquer à ces machines les puissances que nous avons indiquées, parceque nous n'avons eu intention, dans ce Chapitre, que de déterminer l'état d'équilibre entre la puissance & la résistance. Mais il faut encore observer ici que, lors même qu'on emploieroit une puissance un peu supérieure à celle qui peut tenir la résistance en équilibre, on ne parviendroit pas encore à mettre la machine en mouvement; parceque les corps qui se meuvent les uns sur les autres, éprouvent des frottemens : c'est pourquoi il faut que la puissance qui doit élever un fardeau, à l'aide d'une machine quelconque, soit de beaucoup supérieure à la résistance que ce fardeau lui doit faire éprouver; parceque, outre qu'elle doit faire mouvoir la machine chargée de ce fardeau, elle doit encore vaincre le frottement des parties de la machine.

§. DXI. Le frottement naît de l'aspérité des surfaces, qui sont remplies de petites monticules, & de petites cavités. Lorsque deux surfaces sont appliquées l'une sur l'autre, les petites éminences de chacune de ces surfaces s'engagent dans les cavités correspondantes de l'autre; & il résulte de là un obstacle qui s'oppose, jusqu'à un certain point, à ce qu'une de ces surfaces puisse glisser sur l'autre, ou à ce qu'elles puissent toutes deux glisser l'une sur l'autre.

§. DXII. On ne peut absolument détruire l'aspérité des surfaces; &, quelque soin qu'on y apporte, il n'est pas possible de se procurer une surface d'une certaine grandeur, qui soit absolument plane, polie & homogene dans toute son étendue; parceque tous les corps sont poreux : or un pore forme une cavité. Outre cela on ne trouve gueres de corps qui soient homogenes dans toute l'étendue de leur solidité; c'est pourquoi toute surface est nécessairement inégale, raboteuse, hérissée de petites monticules séparées les unes des autres par de petites fosses, & de petits enfoncemens : de-là dès qu'on pose un corps sur un autre corps, les parties saillantes de l'un s'engagent dans les cavités de l'autre; de même que si vous posiez les dents de la scie A [*Tab.* 10. *fig.* 5.] entre celles de la scie B : de-là, si vous vouliez faire mouvoir ces deux corps, dont les parties sont engrainées mutuellement les unes entre les autres, il faudroit, de toute nécessité, soulever le corps A, afin de le dégager d'entre les parties du corps B; sinon il faudroit plier ou briser les parties saillantes de ces deux corps : or pour produire l'un de ces trois effets, il faut nécessairement employer une force quelconque; c'est-à dire, pour vaincre le frottement qu'éprouve le corps qu'on veut mouvoir.

§. DXIII. Plusieurs Savans ont enfanté l'utile projet de perfectionner la Méchanique; savoir, *Amontons* (1), *Leibnitz* (2), *Sturmius* (3), *Ca-*

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1699 & 1703. (2) Miscella. Berolin. Vol. 1. p. 307.
(3) Miscella. Berolin. Vol. 1. pag. 294.

mus (1), *Desaguilliers* (2), *Bulfinger* (3), *Parent* (4), *Belidor* (5), *Rowe* (6), *Nollet* (7), *Martin* (8). Plusieurs autres encore ont voulu, d'après un grand nombre d'expériences, établir des regles générales pour déterminer la grandeur des frottemens entre les corps qui se meuvent sur d'autres corps avec une vîtesse donnée, ayant pareillement une masse & une surface déterminée : mais, n'en déplaise à de si habiles gens, je ne puis m'empêcher de dire, que tous les soins qu'ils ont pris, toutes les recherches qu'ils ont faites, & toutes les expériences qu'ils ont imaginées, ont été en pure perte. Et, quelque soin que j'aie pris, je n'ai jamais pu déduire de regles générales, soit d'après les expériences, soit d'après les raisonnemens les mieux fondés.

Cette difficulté d'établir sur cette matiere des regles générales, vient de ce que le frottement dépend nécessairement du degré de poli qu'on donne aux surfaces frottantes ; mais il n'est pas possible de déterminer jusqu'à quel degré de poli les surfaces sont portées : car, quand bien même on diroit que les surfaces sur lesquelles on a fait des expériences, étoient polies ; quand on diroit même qu'elles étoient très polies, ne sait-on pas que la structure de leurs parties est bien différente dans les unes & dans les autres, & que leurs aspérités, leurs éminences, leurs pores, leurs cavités, different en figure, en grandeur, en rigidité, en élasticité, en mollesse, en fermeté, &c : différences qui viennent, tant de la nature du terrein, qui a fait croître les végétaux dont on se sert, de leur degré d'antiquité, de leur sécheresse, de leur humidité, de la cohésion de leurs parties, que du mêlange & de la conformation des autres corps, &c.

Il faut donc nécessairement, si l'on pose des corps les uns sur les autres, que leurs parties s'engagent bien différemment les unes & les autres ; que les unes soient plus profondément engagées, les autres moins profondément : & que les résistances que toutes ces parties saillantes, qui sont enfoncées dans les cavités respectives de l'autre surface, que les résistances, dis-je, que ces parties opposent à la force qui tend à les plier, ou à les briser, soient, bien différentes dans les unes & dans les autres. Or ne doit il pas nécessairement résulter de tout cela, que le frottement sera bien différent, lorsqu'on appliquera les uns sur les autres des corps de différente espece, quoiqu'on les fasse frotter par des surfaces égales, & que ces surfaces, mues avec la même vîtesse, soient chargées d'un même poids ? On en sera convaincu par la Table suivante, où je donne les résultats que j'ai trouvés en faisant glisser, parallelement à l'horison, sur différentes surfaces en repos, une même planchette chargée de différens poids. J'ai observé que le mouvement se fit selon la direction des fibres du bois. La premiere colonne indique le poids que la planchette portoit contre la surface sur laquelle elle glissoit ; & les autres colonnes indiquent les poids qu'il a fallu employer pour faire mouvoir la planchette : poids qui indiquent par conséquent la

(1) Traité des forces mouvantes. (2) Course of Experim. Philos. Vol. 1. (3) Commentar. Petropol. Tom. 2. (4) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1700 & 1704. (5) Architecture hydraul. Liv. 1. chap. 2. (6) All sorts of Weheel Carriage. (7) Leç. Physiq. Exper. Tom. 1. (8) Martin, Philosoph. Britannic. Lect. 3. p. 121.

valeur des frottemens. Ces expériences ont été faites avec tout le soin imaginable. J'ai pris pour cela des planches, dont les surfaces étoient sans défaut, & bien polies, & j'ai eu le soin, outre cela, d'essuyer à chaque fois les surfaces, afin d'emporter les petites parties qui pouvoient se détacher de ces surfaces dans l'opération.

TABLE.

Une planchette de bois de sapin, large d'un pouce, longue de 13 pouces, muë sur une planche de sapin. Cette planchette étoit chargée des poids suivans.				La même planchette muë sur une planche de buis, & chargée des mêmes poids que ci-devant.		Une planchette de bois de chêne, 1 pouce de largeur, 13 pouces de longueur, chargée des mêmes poids que précédemment.		La même, sur une planche de buis, chargée des mêmes poids.	
Poids.		Frottemens.		Frottemens.		Frottemens.		Frottemens.	
livres.	onces.	onces.	dragm.	onces.	dragm.	onces.	dragm.	onces.	dragm.
	4		8		6		6		6
	6		11		8		8		8
	8		15		9		10		10
	10		17		11		12		11
	12		22		13		15		12
	14		25		16		17		14
	16		28		20		21		16
	18		31		23		25		18
3		8	6	6	4	11	0	5	0
4		12	6	9	4	14	0	7	0
5		13	4	12	0	15	0	9	0
6		16	4	12	4	17	0	10	0
7		20	0	14	0	20	0	13	0
8		24	0	16	0	23	0	15	0
10		26	0	20	0	29	0	19	0

§. DXIV. Si on fait attention aux expériences dans lesquelles la planchette de sapin glisse sur une planche de même bois, on verra que, dans les 8 premieres, la puissance, qui suffit à peine pour vaincre la résistance qui vient du frottement, est au poids que le corps frottant porte sur celui sur lequel il glisse, comme 1 : 4, ou à peu de choses près. On verra ensuite que, lorsque le poids augmente, le frottement augmente, à la vérité, aussi; mais qu'il ne conserve plus le même rapport avec le poids, & qu'il est avec lui dans un plus petit rapport : puisqu'il est dans le rapport de 1 : 4 ½.

Dans les 7 dernieres expériences le frottement est plus irrégulier ; son rapport au poids du corps frottant est : : 1 : 5 ; & même il devient : : 1 : 6 ; & par conséquent on ne trouve pas un rapport constant entre le frottement & le poids.

Si on fait attention aux expériences dans lesquelles la même planchette de sapin glisse sur du buis, on trouvera que, dans les 8 premieres expériences, le frottement est au poids : : 1 : 5, dans le commencement; mais que, lorsque le poids augmente, il devient : : 1 : 6, & même : : 1 : 7; & même, dans les dernieres expériences, où le poids est encore augmenté, il est : : 1 : 8.

Si on considere les expériences dans lesquelles on fait mouvoir une planchette de chêne sur du chêne, on verra aussi tôt que, lorsque la planchette ne porte pas un grand poids, elle se meut plus aisément qu'une planchette de sapin ne se meut sur une planche de même bois; mais que le poids, étant augmenté, le frottement devient aussi rude que lorsqu'il se fait entre deux planches de sapin, & qu'il devient même plus grand ; ce qui vient de la profondeur des sillons qui se trouvent entre les fibres de ce bois.

Le frottement du chêne sur le buis est plus petit que celui du sapin sur le buis; car à peine se trouve-t-il, en le comparant au poids, dans le rapport de 1 : 8.

Les expériences d'*Amontons* ne donnent aucun résultat qui convienne avec ceux que nous avons trouvés; car cet habile Philosophe avoit assuré que le frottement d'un corps sur un autre étoit toujours, par rapport au poids du corps frottant, : : 1 : 3.

On ne peut trop répéter de telles expériences. Les plus utiles qu'on pourroit faire, seroient celles qu'on feroit avec des bois qui sont d'un plus grand usage dans les Arts, tels que ceux dont on fait les axes des machines, les dents des roues, & toutes autres parties qui doivent se mouvoir sur d'autres, ou sur lesquelles d'autres doivent se mouvoir, ou tourner.

§. DXV. Comme il arrive aussi dans l'usage, que des bois se meuvent les uns sur les autres en sens contraire de la direction de leurs fibres; j'ai aussi tenté des expériences relatives à cet objet : j'ai disposé des planches de sapin & de chêne, parallelement à l'horison, & j'ai fait glisser sur ces planches des planchettes de sapin & de chêne, qui avoient les mêmes dimensions que les précédentes; je les ai fait glisser de maniere que la direction des fibres de la planchette, & de celles de la planche, se coupoient à angle droit, & les résultats ont été extrêmement différens des précédens.

TABLE.

Une planchette de bois de sapin glissant sur une planche de sapin.				Une planchette de bois de chêne sur une planche de sapin.				Une planchette de bois de chêne sur une planche de chêne.			
Poids.		Frottement		Poids.		Frottement.		Poids.		Frottement.	
liv.	onces.	onc.	drag.	liv.	onces.	onc.	drag.	liv.	onces.	onc.	drag.
	2	1	0		2	0	$7\frac{1}{2}$		2	0	4
	4	1	4		6	2	0		4	0	$7\frac{1}{2}$
	6	2	5		8	3	0		6	1	4
	8	4	2		10	4	4		8	1	6
	10	5	6		12	5	4		10	2	0
	12	6	4		14	6	4		12	2	0
	14	7	4		16	7	4		14	2	4
	16	9	4	2		13	4		16	2	6
	18	10	0	3		20	0		18	3	4
2		16	0	4		22	0	2		6	0
3		25	0	5		28	0	3		8	0
4		31	0	6		32	0	4		10	4
5		34	0					5		14	0
6		42	0					6		18	0
7		50	0								

J'ai examiné encore, outre cela, le frottement qu'éprouvoient, pour se mouvoir l'un sur l'autre, deux morceaux de bois de chêne, qui se touchoient selon leurs fibres longitudinales, opposés bout-à-bout perpendiculairement à l'horison ; c'est-à-dire, je fais frotter l'une sur l'autre les deux parties qui naissent de la section d'un soliveau de bois de chêne, en opposant bout-à-bout les deux surfaces que la scie a séparées, & qui la touchoient pendant

l'opération : ce bois étoit très ſain, ſes fibres étoient fort petites, & ſans nœuds. Or, après avoir dreſſé & poli ces ſurfaces, j'ai fait gliſſer un de ces morceaux de bois ſur l'autre, celui qui gliſſoit peſoit 7 onces 6 dragmes, ſans être chargé d'aucun autre poids que du ſien propre : 2 onces ont ſuffi pour le faire mouvoir ; mais, en le chargeant enſuite, le frottement eſt devenu plus grand, & il a fallu ajoûter un nouveau poids aux deux onces précédentes. La Table ſuivante indique les poids dont j'ai chargé ce corps, & en même-tems ceux que j'ai été obligé d'ajoûter aux deux onces pour compenſer l'augmentation du frottement.

TABLE.

Poids.	Frottemens.		Poids.	Frottemens.	
onces.	onces.	dragmes.	livres.	onces.	dragmes.
2	0	1 ½	2	5	0
4	0	4 ½	3	7	6
6	0	6 ½	4	14	0
8	1	1	5	16	0
10	1	3	6	21	0
12	1	6	8	23	0
14	2	2			
16	2	4			
18	2	7			

§. DXVI. On pourroit encore conſidérer le frottement de deux morceaux de bois, qui ſe mouveroient tous les deux l'un ſur l'autre contre la direction de leurs fibres ; on pourroit auſſi obſerver le frottement qui naîtroit s'ils ſe mouvoient circulairement l'un ſur l'autre : on pourroit encore dreſſer des Tables du frottement, qui proviendroit du mouvement des corps qui gliſſeroient les uns ſur les autres, ſelon différens degrés d'obliquité, & on trouveroit des réſultats bien différens les uns des autres. Nous nous contentons d'indiquer ici ce qu'on pourroit encore faire pour perfectionner nos connoiſſances ſur le frottement ; ce que nous ne pouvons faire nous-mêmes, dans la crainte de tomber dans la prolixité.

§. DXVII. A l'égard du frottement des métaux, je n'ai point fait d'autres

observations que celles que j'ai déja faites par le moyen du tribometre; cet instrument est composé d'un axe d'acier trempé D D [*Tab.* 10. *fig.* 6. 7.], dont le diametre = $\frac{1}{4}$ de pouce rhenan : le diametre des parties C C = $\frac{1}{2}$ pouce. On donne à cet axe deux diametres différens, afin de rendre cet instrument propre à faire différentes expériences, & afin d'éprouver lequel des deux est le plus mobile, ou d'un plus gros axe, ou d'un axe plus petit; cet axe passe à travers un cylindre de bois A B, dont le diametre = 4 pouces. tout cet appareil pese 3 ℔. Cet axe est extrêmement poli, & roule dans des coussinets de différens métaux, qui sont semi-circulaires, très polis, & travaillés avec tout le soin passible. Or les Tables que nous donnons ci-dessous nous indiquent les poids dont il faut charger le bassin R, qui pend à l'extrêmité d'un cordon, lequel est enveloppé sur le cylindre B A, pour faire tourner ce cylindre, soit qu'il ne porte que son propre poids sur les coussinets sur lesquels il roule, soit qu'il soit lui-même chargé de poids étrangers P, Q. Ces Tables nous indiquent encore le rapport qu'il y a entre les poids du cylindre & le frottement qu'il éprouve pour rouler sur son axe. Nous nous servirons de cette expression, F ; P, pour indiquer ce rapport.

TABLES

TABLES.

Le plus petit diametre de l'axe roul. dans des couffinets de bois de gayac, & à fec.	Poids dont le baffin R étoit chargé. Dragmes.	F : P.	L'axe du cylindre enduit d'huile d'olives, & le baffin R chargé. Dragmes.	F : P.
Le cylindre non chargé . .	10	1 . . 2 $\frac{2}{5}$	6	1 . . 4
Le cylindre étant chargé de chaque côté de ℔ 1 . .	12	1 . . 3 $\frac{1}{3}$	10	1 . . 4
℔ 2 . .	14	1 . . 4	14	1 . . 4
℔ 3 . .	20	1 . . 3 $\frac{3}{5}$	21	1 . . 3 $\frac{9}{20}$

Le plus petit diam. de l'axe roul. dans des couffin d'acier tremp. & à fec.	Poids dont le baffin R étoit chargé. Dragmes.	F : P.	L'axe du cylindre enduit d'huile d'olives, & le baffin R chargé. Dragmes.	F : P.
Le cylindre non chargé . .	6	1 . . 4	4	1 . . 6
Le cylindre étant chargé de chaque côté de ℔ 1 . .	11	1 . . 3 $\frac{7}{11}$	10	1 . . 4
℔ 2 . .	17	1 . . 3 $\frac{5}{17}$	14	1 . . 4
℔ 3 . .	21	1 . . 3 $\frac{9}{20}$	17	1 . . 4 $\frac{4}{17}$

Le plus petit diam. de l'axe roul. dans des couff. de cuiv. roug. & à fec.	Poids dont le baffin R étoit chargé. Dragmes.	F : P.	L'axe du cylindre enduit d'huile d'olives, & le baffin R chargé. Dragmes.	F : P.
Le cylindre non chargé . .	4	1 . . 6	3	1 . . 8
Etant chargé de chaque côté de ℔ 1 . .	8	1 . . 5	7	1 . . 5 $\frac{5}{7}$
℔ 2 . .	12	1 . . 4 $\frac{2}{3}$	10	1 . . 5 $\frac{3}{5}$
℔ 3 . .	15	1 . . 4 $\frac{11}{17}$	13	1 . . 5 $\frac{7}{12}$

Le plus petit diam. de l'axe roulant dans des couss. d'étain, & à sec.	Le bassin R chargé de		L'axe étant enduit d'huile d'olives, & le bassin R chargé.	
	Dragmes.	F : P.	Dragmes.	F : P.
Le cylindre non chargé . .	6	1 . . 4	5	1 . . 4 $\frac{4}{5}$
Etant chargé de chaque côté de ℔ 1 . .	11	1 . . . 3 $\frac{7}{11}$	9	1 . . 4 $\frac{4}{9}$
℔ 2 . .	18	1 . . 3 $\frac{1}{9}$	14	1 . . 4
℔ 3 . .	22	1 . . 3 $\frac{1}{10}$	18	1 . . 4

Le même roulant dans des coussin. de plomb, & à sec.	Le bassin R chargé de		L'axe étant enduit d'huile d'olives, & le bassin R chargé.	
	Dragmes.	F : P.	Dragmes.	F : P.
Le cylindre non chargé . .	4	1 . . 6	3	1 . . 8
Le cylindre étant chargé des deux côtés de ℔ 1 . .	7	1 . . 5 $\frac{5}{7}$	6	1 . . 6 $\frac{2}{3}$
℔ 2 . .	8	1 . . 7	8	1 . . 7
℔ 3 . .	10	1 . . 7 $\frac{2}{5}$	10	1 . . 7 $\frac{1}{5}$

Le même roulant dans des couss. de similor, & à sec.	Le bassin R chargé de		L'axe étant enduit d'huile d'olives, & le bassin R chargé.	
	Dragmes.	F : P.	Dragmes.	F : P.
Le cylindre non chargé . .	4	1 . . 6	3	1 . . 8
Le cylindre étant chargé des deux côtés de ℔ 1 . .	6	1 . . 6 $\frac{2}{3}$	5 $\frac{1}{2}$ . . .	1 . . 7
℔ 2 . .	8	1 . . 7	7 $\frac{1}{2}$ . . .	1 . . 7 $\frac{7}{15}$
℔ 3 . .	10	1 . . 7 $\frac{1}{10}$	9 $\frac{1}{2}$ . . .	1 . . 8 $\frac{2}{19}$

§. DXVIII. Pour l'intelligence de ces expériences, il faut obſerver que le poids R repréſente la puiſſance qui met le cylindre en mouvement, & que ce poids, étant ſuſpendu à l'extrêmité d'un cordon, qui entoure le cylindre A B, dont le diametre eſt 16 fois plus grand que celui de l'axe, on doit conſidérer la puiſſance R comme agiſſante par un levier 16 fois plus long que celui par lequel la réſiſtance agit; & par conſéquent il faut multiplier le poids R par 16, pour avoir ſa valeur relative à celle de la réſiſtance: ainſi ce même produit, qui indiquera l'effort de la puiſſance, indiquera en même-tems la valeur du frottement; &, ſi on diviſe ce produit par la ſomme des poids P + Q + A B, qui expriment la valeur du poids à mouvoir, on aura le rapport du frottement à ce poids.

§. DXIX. Il paroît, par ces expériences, que le moindre frottement que l'acier éprouve, eſt celui qui réſulte de ſon mouvement ſur le ſimilor; qu'il augmente de plus en plus lorſqu'il ſe meut ſur du plomb, ſur du cuivre rouge, ſur du bois de gayac, ſur de l'acier, ſur de l'étain. Le bois de gayac ſe meut aiſément, ou tourne aiſément dans du fer; on doit dire la même choſe du fer par rapport à ce même bois: & il n'eſt pas néceſſaire d'enduire ſouvent d'huile les ſurfaces frottantes, lors même que ces ſurfaces ne ſont point enduites d'huile, ou de toute autre matiere propre à les lubrifier; leur mouvement n'en eſt pas moins aiſé pour cela, pendant quelque tems: ces ſurfaces ne s'uſent pas conſidérablement, quoique leur mouvement ſoit très rapide.

§. DXX. Il paroit encore, par ces expériences, que, quoique les ſurfaces frottantes demeurent les mêmes, néanmoins le frottement augmente lorſqu'elles ſont plus chargées; parceque, dans ce cas, les parties ſaillantes qui s'engagent dans les cavités correſpondantes, ſont engagées plus profondément, & par conſéquent, lorſqu'il s'agit de faire mouvoir ces ſurfaces, il faut plier davantage les parties qui ſont engagées, ou les rompre plus près de leurs baſes; & elles réſiſtent davantage à l'un & à l'autre de ces deux effets.

2°. Ces expériences font voir auſſi que, quoique les poids, dont les ſurfaces frottantes ſont chargées, augmentent leur frottement, la grandeur du frottement ne ſuit pas la raiſon directe de l'augmentation des poids.

3°. Ces expériences nous font encore voir clairement qu'on ne peut point établir de regles générales ſur le frottement; que toutes les regles qu'on peut donner ſur cette matiere ſont ſingulieres, & qu'elles ne peuvent être déduites que des expériences qu'on fait ſur différens corps: & que les réſultats qu'on obſerve alors, ne peuvent contribuer qu'à déterminer le frottement des corps qu'on obſerve. En effet, le frottement de l'acier, qui ſe meut ſur une ſurface de ſimilor ointe d'huile, eſt quelquefois $= \frac{1}{7}$ du poids du corps frottant; tandis que le frottement du même corps, ſur une ſurface d'étain, va quelquefois juſqu'à $\frac{1}{4}$ du poids, &c.

4°. Deux métaux homogenes, ou deux morceaux de bois de même eſpece, ſe meuvent ſouvent plus difficilement l'un ſur l'autre, & éprouvent un plus grand frottement que des métaux hétérogenes, ou des bois de différentes eſpeces; vérité inconteſtable, que tous les Méchaniciens ont établie, d'après une longue & conſtante expérience. La raiſon de ce phénomene ſe

présente naturellement à l'esprit: lorsqu'on fait mouvoir, les uns sur les autres, des métaux hétérogenes, ou des bois de différentes especes; leurs petites éminences & leurs cavités sont beaucoup moins proportionnées les unes aux autres, que lorsqu'on fait mouvoir, les uns sur les autres, des métaux homogenes, ou des bois de mêmes especes : de-là les parties de ces premieres substances, ayant moins de rapport, s'engagent moins profondément, & exigent par conséquent une moindre force pour être dégagées les unes d'entre les autres; & par conséquent leur frottement est bien moins rude, & elles ont plus de tendance au mouvement. On peut encore conclure des expériences que nous venons de rapporter, que celles que M. *Amontons* avance, pour confirmer sa théorie, ont été faites avec de mauvais instrumens, & peu propres à décider la question qu'il s'étoit proposée de résoudre; puisque le frottement n'est pas si considérable que ce célebre Académicien le prétend.

§. DXXI. Dans un corps de même poids, qui se meut sur un autre, on trouve que le frottement augmente ou diminue, suivant que la surface du corps frottant augmente ou diminue; ce que l'Abbé *Nollet* a confirmé par expérience (1). Il arrive même que tel corps, chargé d'un poids donné, & qui souffre un frottement déterminé, lorsque telle partie de sa surface se meut sur un autre corps, éprouve un plus grand frottement lorsque toute autre partie de sa surface se meut sur le même corps; soit que la surface du corps frottant soit devenue plus grande, ou même plus petite : & c'est une vérité confirmée par des expériences très exactes & très constantes.

Quelques-uns ont avancé qu'une surface plus grande, ou plus petite, n'apportoit aucun changement au frottement du mobile, pourvu qu'il fût toujours chargé du même poids; parceque, quoiqu'il y ait un plus grand nombre de parties engagées les unes entre les autres, dans une plus grande surface, elles le sont moins profondément à proportion, & l'un compense l'autre. Mais quiconque comparera la Table suivante avec celle du (§. 513), jugera aisément de la différence. Je ne rapporte ici que deux exemples, que j'ai choisis parmi un très grand nombre, qui ont tous prouvé la même chose.

J'ai pris une planchette de sapin, large de 2 $\frac{11}{12}$ pouces, longue de 13 pouces, que j'ai chargée des mêmes poids dont j'avois chargé la planchette de même bois, dont il a été fait mention (§. 513), & que j'ai fait mouvoir sur les mêmes surfaces de sapin & de buis, dont je me suis servi dans les expériences précédentes.

(1) Leçons de Phys. Expérim. Tom. 1. p. 241.

TABLE.

Sapin sur sapin.				Sapin sur buis.			
La planchette étant chargée de		Frottement.		La planchette étant chargée de		Frottement.	
livres.	onces.	onces.	dragmes.	livres.	onces.	onces.	dragmes.
	6	1	6		6	1	2
	8	2	2		8	1	4
	10	2	6		10	1	7
	12	3	2		12	2	0
	14	4	0		14	2	2
	16	4	4		16	2	6
	18	5	0		18	3	0
3		12	0	3		8	4
4		16	0	4		11	4
5		23	0	5		13	0
6		40	0	6		15	0
7		41	0	7		17	0
8		43	0	8		20	0
10		43	0	10		27	0

On trouve ici plusieurs irrégularités ; car on doit remarquer que le frottement que le bois de sapin éprouve, lorsqu'il se meut sur du buis, est plus grand que celui que nous avons indiqué (§. 513), lorsque le corps frottant est chargé des plus petits poids, & qu'il est plus petit lorsque le corps frottant est chargé des plus grands poids : j'ai encore remarqué quantité de semblables irrégularités dans un grand nombre d'expériences que j'ai faites

avec tout le ſoin poſſible; ce qui vient de la différente direction des fibres, & de la différente réſiſtance qu'elles oppoſent au mouvement.

§. DXXII. Lorſque les ſurfaces des corps ſont hériſſées de petites éminences, qui s'engagent profondément les unes entre les autres, il n'eſt pas poſſible que ces corps puiſſent ſe mouvoir les uns ſur les autres, que ces éminences ne ſoient briſées, ou détruites, ou émouſſées: or, pour produire un de ces effets, il faut néceſſairement employer une grande force; ce qui conſtate une grande réſiſtance & un grand frottement. Ce ſont ces obſervations qui font que je ne ſuis point de l'avis de ceux qui affirment que le frottement augmente comme les ſurfaces, & diminue à proportion que les ſurfaces deviennent plus petites.

§. DXXIII. Lorſque les ſurfaces frottantes ſe meuvent avec peu de vîteſſe, le frottement ſuit, à peu de choſes près, la raiſon de la vîteſſe; mais il n'en eſt pas ainſi lorſque leurs vîteſſes ſont très grandes: le frottement augmente au delà de la raiſon des vîteſſes; & on obſerve ce même phénomenes, ſoit que les ſurfaces qui ſe meuvent les unes ſur les autres ſoient ſeches, ſoit qu'elles ſoient enduites d'huile: cependant on l'obſerve plus ſpécialement lorſque les ſurfaces ſont ſeches; parceque, dans ce cas, ces ſurfaces s'uſent plus aiſément, & que les parties qui s'en détachent, tombant dans les ſillons reſpectifs de l'autre corps, rendent ces ſurfaces plus inégales & plus raboteuſes. En effet, lorſque l'axe du tribometre roule ſur des couſſinets de cuivre rouge, qu'il eſt bien arroſé d'huile, & que ſa vîteſſe croît comme les nombres 4, 6, 7, 8, 10, le frottement eſt comme ceux-ci, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 4. Lorſque les ſurfaces frottantes ne ſont point huilées, & que les vîteſſes ſont comme les nombres $1\frac{1}{2}$, 3, 5, 7, 8, les frottemens ſont comme ceux-ci, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 4. Lorſque la vîteſſe eſt très grande, ce qui arrive lorſque l'axe du tribometre fait 25 révolutions dans l'eſpace de 2 m″ & 24 m‴, le frottement qui eſt ſuppoſé = 1, eſt au poids du corps qui ſe meut, comme 16 : 95.

J'avoue cependant que, quelque ſoin que j'aie pris pour faire ces expériences, je ne ſuis pas encore bien ſatisfait ſur cette matiere. Dans le tems que je les ai faites, on ne connoiſſoit pas encore bien la Méchanique du mouvement; connoiſſance indiſpenſablement néceſſaire dans ces ſortes d'expériences: outre cela on peut aiſément ſe tromper ſur l'eſtimation de l'eſpace parcouru, lorſqu'un corps ſe meut avec une grande vîteſſe: on peut encore ſe tromper ſur la valeur de la puiſſance motrice, qui eſt, ou un reſſort de pendule, ou un poids qui deſcend, & qui ſe meut dans une courbe tautochrone.

A l'âge où je me trouve, je ne penſe pas que mes forces me permettent de réitérer ces expériences avec tout le ſoin qu'elles exigent; je ne puis qu'engager d'autres Phyſiciens à mettre la main à l'œuvre, & à perfectionner cette théorie, qui eſt d'un ſi fréquent uſage, & ſi eſſentielle dans la Méchanique.

§. DXXIV. Pour diminuer le frottement, on a coutume d'enduire d'huile les ſurfaces frottantes, les axes des machines, les dents des roues; on les enduit quelquefois avec une eſpece de boue, un dépôt qui ſe fait au fond des vaſes qui contiennent de l'huile: mais on enduit ſur-tout les bois avec de la graiſſe, de la poix liquide; on les frotte avec du ſavon d'Eſpa-

gne, du ſavon verd, de la mine de plomb, & d'autres ſubſtances de cette nature, qui contribuent à lubrifier les ſurfaces, & à les faire gliſſer plus aiſément les unes ſur les autres. L'huile qu'on répand entre les parties métalliques qui ſe frottent, rend leur mouvement plus aiſé, ſur-tout lorſque ces corps doivent ſe mouvoir avec beaucoup de vîteſſe les uns ſur les autres; elle fait qu'il n'y a alors qu'un très petit nombre de leurs parties qui s'uſent: tandis que le contraire arrive; c'eſt-à-dire, qu'un très grand nombre s'uſe, & même très promptement, lorſque les ſurfaces frottent à ſec les unes ſur les autres. Les huiles & les différentes graiſſes, dont on ſe ſert pour enduire les ſurfaces frottantes, s'inſinuent dans les cavités de ces ſurfaces, en bouchent les pores, les ſillons, & rendent, par ce moyen, ces ſurfaces plus unies: lorſque ces matieres ſe trouvent interpoſées entre les ſurfaces frottantes, elles empêchent le contact immédiat de ces ſurfaces, & s'oppoſent à ce que leurs inégalités reſpectives s'engrainent les unes entre les autres. Il faut néanmoins obſerver ici, qu'il faut proportionner la qualité des huiles aux ſurfaces ſur leſquelles on veut les appliquer; il faut ſe ſervir d'une huile légere pour enduire les petits axes, & d'une huile plus épaiſſe pour enduire les axes d'un plus grand diametre: il faut encore avoir égard à ce que ces huiles ne ſoient point trop viſqueuſes, qu'elles n'adherent point trop aux ſurfaces ſur leſquelles on les applique; en un mot, qu'elles ne s'y durciſſent point, & qu'elles n'y forment point une croûte, comme fait ordinairement l'huile de lin. 2°. Comme les huiles & les graiſſes ſont compoſées de parties globuleuſes, & dont la ſuperficie eſt unie, ces parties ſe meuvent aiſément les unes ſur les autres; elles roulent facilement dans les cavités qu'elles rempliſſent, & elles diminuent par-là le frottement des ſurfaces qui les touchent, & qui ſe meuvent ſur elles. 3°. Elles empêchent encore que les corps qui ſe meuvent les uns ſur les autres ne s'échauffent; ce qui n'eſt pas un moindre avantage dans bien des circonſtances.

§. DXXV. On diminue encore le frottement ſi on ne fait pas rouler l'axe d'une machine dans une cavité cylindrique, proportionnée au diametre de cet axe; mais ſi on creuſe, à chaque extrêmité de cet axe, un trou borgne cylindrique, dans chacun deſquels entrent, juſqu'à une certaine profondeur, deux pivots coniques, ſur leſquels roule l'axe de la machine: dans ce cas ces pivots ne touchent que la circonférence extérieure des deux trous borgnes, & n'uſent que ces parties de l'axe; ce qui fait que le frottement eſt très peu ſenſible. Cette méthode eſt ſur-tout applicable dans le cas où l'axe de la machine, qu'on veut faire mouvoir, n'eſt chargé que d'un petit poids, & qu'on veut donner un mouvement très rapide à cette machine.

§. DXXVI. On diminue encore le frottement d'une machine, par exemple, d'une roue, lorſqu'on fait porter ſon axe A [*Tab.* 12. *fig.* 1.], ſur l'interſection de deux rouleaux plans, C, C, de même diametre, & poſés l'un à côté de l'autre: on peut encore faire porter les axes E, E de ces deux rouleaux ſur deux autres rouleaux D, D, D, D, dont les axes F, F, F, F feroient leurs révolutions dans des trous quarrés. Si le diametre A de la roue eſt au diametre des rouleaux C, C comme 1 : 20, lorſque cet axe A ſera en mouvement, il fera mouvoir les rouleaux C, C; & le frottement des axes

E, E ſera au frottement de l'axe A, comme 1 : 10. Si le diametre de chaque axe E, E, eſt dix fois plus petit que celui des rouleaux D D, &c, le frottement des axes F, F, F, F ne ſera que la dixieme partie de celui qu'éprouveront les axes E, E; & par conſéquent le frottement des axes F, F ne ſera que la centieme partie de celui que A éprouveroit : ce qui diminue conſidérablement le frottement. Cette maniere de diminuer les frottemens fut inventée autrefois par le célebre *Sully* (1), en 1716; *Mondran* (2) fit l'application de cette méthode aux machines. J'imagine qu'elle ne feroit pas fort utile ſi on s'en ſervoit dans le cas que l'axe, qui porteroit ſur des rouleaux, ſeroit fort chargé; mais qu'elle pourroit être avantageuſe lorſque cet axe ne porteroit pas un grand poids, & qu'il s'agiroit de le faire mouvoir très rapidement.

§. DXXVII. Si quelqu'un vouloit voir des regles très curieuſes ſur le frottement de différentes machines, il n'a qu'à conſulter l'excellent Ouvrage de M. *Belidor* (3).

§. DXXVIII. Pour donner néanmoins un exemple de la maniere de ſupputer le frottement d'une machine, ſuppoſons une poulie fixe & ſimple; qu'à une des extrêmités de la corde, qui paſſe ſur ſa gorge, ſoit attaché un poids de cent livres : dans cette hypotheſe il faut néceſſairement que la puiſſance qu'on applique à l'autre extrêmité de cette corde, dans le deſſein de ſoulever le poids, ſoit capable de produire un effort de plus de cent livres; puiſque, pour faire équilibre à ce poids, il faut néceſſairement employer cent livres. Dans ce cas, l'axe de la poulie ſupportera un poids qui ſera au moins = 200 ℔; que le diametre de l'axe de cette poulie ſoit à celui de la poulie : : 1 : 10, & que le frottement n'aille qu'à $\frac{1}{6}$ du poids : ce ſera donc pour lors la même choſe que ſi l'axe étoit chargé d'un poids de 200 ℔, + $\frac{200}{6} = 233 \frac{1}{3}$. Or comme la puiſſance agit ſur un des points de la circonférence de la poulie, qui eſt la même choſe que l'extrêmité d'un bras de levier, & que le frottement qui repréſente la réſiſtance, ſe fait ſentir ſur l'axe de la poulie; c'eſt donc la même choſe que ſi le poids, que la puiſſance doit vaincre, étoit ſuſpendu à l'axe de la poulie : cet axe pourra donc être regardé comme l'autre bras du levier. Ces deux bras, dans la ſuppoſition préſente, ſont encore entr'eux : : 10 : 1. La puiſſance n'eſt donc pas obligée, dans ce cas, de faire un effort = ℔ 133 $\frac{1}{3}$; mais ſeulement = $\frac{1}{10}$ du frottement, par conſéquent = ℔ $\frac{33 \frac{1}{3}}{10}$ = ℔ 3 $\frac{1}{3}$. Une puiſſance qui ſera = ℔ 103 $\frac{1}{3}$ pourra donc être en équilibre avec un poids de 100 ℔. Il faudra encore néanmoins augmenter la puiſſance; parcequ'il faut faire entrer en conſidération les 3 $\frac{1}{3}$ ℔, dont nous venons de parler, qui augmentent auſſi le frottement; & il faut pour cela que l'intenſité de la puiſſance ſoit augmentée de $\frac{3 \frac{1}{2} \text{℔}}{10}$: ce qui donne une trop petite quantité pour qu'on ne puiſſe pas la négliger; d'où il ſuit qu'une puiſſance = 104 ℔, fera mouvoir, dans

(1) Recueil des Machines approuvées, vol. 3. p. 95. (2) Recueil des Machines approuvées, vol. 4. p. 119. (3) Architecture hydraulique, vol. 1. Liv. 1. ch. 2.

l'hypotheſe

l'hypothese présente, un poids de cent livres, s'il n'y a point encore d'autres obstacles auxquels il faille faire attention ; ce que nous examinerons ci-dessous.

On supputera de la même maniere le frottement dans le treuil, dans le cabestan ; on le supputera encore de cette façon par rapport à un corps rond, qui roule sur son axe lorsqu'il est posé sur un plan incliné : mais si ce corps ne tourne pas sur son axe, qu'il glisse simplement sur le plan, le frottement sera plus grand ; il ira même jusqu'à $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ du poids qui se meut, comme on l'a prouvé par les expériences rapportées ci-dessus : de sorte qu'un corps qui peseroit 400 ℔ ; & qui seroit en équilibre avec un autre poids de 400 ℔, ne pourroit être mis en mouvement que par un poid de 500 ℔.

Le coin est encore exposé à un grand frottement ; la vis a un frottement beaucoup plus grand ; parceque deux vis, qui glissent l'une dans l'autre, se touchent par de très grandes surfaces, & sont appliquées fortement l'une contre l'autre.

§. DXXIX. Souvent nous augmentons le frottement à dessein, lorsqu'une machine est susceptible d'acquérir un trop grand mouvement, & que nous voulons modérer, pour des raisons sages & prudentes, le mouvement dont elle jouit. Nous en avons un exemple dans les voitures que nous voulons faire descendre d'un endroit fort haut & escarpé ; alors on lie les deux roues de la voiture ensemble, par le moyen d'une chaîne qui les empêche de tourner sur leur axe : elles glissent alors sur le terrein, comme sur un plan incliné. Nous en avons encore un exemple dans les moulins à vent, qu'on vient à bout d'arrêter, lorsqu'on applique une traverse de bois sur la circonférence de la roue qui porte les aîles ; le frottement que la roue éprouve alors, suffit pour arrêter son mouvement : on se sert de la même méthode pour modérer, ou pour détruire tout à-fait le mouvement de la grue de *Padmore*.

§. DXXX. Il faut encore considérer la roideur des cordes dans les machines qui sont enveloppées de cordes, ou qu'on fait mouvoir à l'aide de quelques cordes ; cette considération mérite d'autant mieux l'attention du Physicien, que la roideur des cordes n'est pas un des plus petits obstacles au mouvement des machines. *Amontons* est le premier (1) qui ait examiné cette matiere avec attention, & qui ait fait des expériences à cet égard, que *Desaguilliers* a répétées avec beaucoup plus de soin (2). Quelque soin qu'on prenne pour faire de telles expériences, on ne parviendra jamais à nous donner, sur cette matiere, des regles sûres & constantes ; parceque la rigidité des cordes dépend d'un grand nombre de différentes circonstances. 1°. De la différence du chanvre dont on fait les cordes ; car, suivant que le chanvre est mieux & plus finement cardé, plus le fil qui en résulte est mou & flexible. 2°. Les Cordiers forment le fil en tordant plusieurs filamens de chanvre : or moins on donne de tord au chanvre, & plus le fil est flexible ; & au contraire plus on donne de tord au chanvre, plus le fil qui en

(1) Hist. de l'Académie Royale, ann. 1699. (2) Course of Experim. Philosoph. v. 1, Lect. IV.

provient eſt roide. 3°. On fait une corde en tordant enſemble 2, 3, 4; plus ou moins, des fils dont nous venons de parler; le tord qu'on donne à ces fils les raccourcit de $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ de leur longueur; & plus on les tord, & plus ils perdent de leur longueur : ce qui rend les cordes d'autant moins flexibles; au contraire, moins on leur donne de tord, moins ils perdent de leur longueur, & les cordes qui en réſultent en ſont plus flexibles & plus lâches. A la vérité les cordes qui ſont plus lâches ſont moins unies que celles qui ſont plus dures; mais elles ſont beaucoup meilleures, par rapport à l'excès de flexibilité qu'elles ont par-deſſus les autres. 4°. Plus une corde eſt épaiſſe, plus ſon diametre eſt grand, & moins elle eſt flexible : c'eſt pourquoi, lorſqu'on ſe propoſe d'élever un fardeau, dont on connoît le poids, par le moyen d'une corde, il faut avoir ſoin de prendre des cordes ſuffiſamment fortes pour réſiſter à l'effort qu'elles ont à ſupporter; non cependant trop épaiſſes, afin que la puiſſance ait un moindre poids à ſoutenir ou à élever. On pourra connoître la fermeté des cordes par ce que nous dirons dans le Chapitre XXII, ſur la cohéſion; mais, pour l'ordinaire, toutes choſes égales d'ailleurs, la roideur des cordes eſt à raiſon de leurs diametres. 5°. Il faut encore obſerver que la roideur des cordes augmente à proportion qu'elles ſoutiennent de plus grands poids. 6°. Une corde neuve, & qui n'a point encore ſervi, eſt plus roide qu'une corde dont on a déja beaucoup fait uſage; parceque, à proportion qu'on s'en ſert, elle s'allonge; les helices que les fils forment deviennent plus allongés : les filamens les plus roides du chanvre ſe prêtent ou ſe rompent; & de-là ſi une machine étoit originairement difficile à mouvoir, par rapport à la roideur des cordes, elle ſe mouvera plus aiſément par la ſuite. 7°. Les cordes qu'on plie moins, dans l'uſage qu'on en fait, réſiſtent davantage que celles auxquelles on fait prendre de plus petits contours; c'eſt pourquoi on ne doit point faire les poulies d'un trop petit diametre, ainſi que l'axe d'un treuil, ou de toute autre machine de cette eſpece. 8°. Les cordes deviennent encore plus roides lorſqu'on les mouille. 9°. On expoſe ſouvent les cordes au ſoleil pour les faire blanchir, & pour les rendre plus agréables à la vue; elles deviennent encore par-là plus flexibles, & ſont d'un bien meilleur uſage dans les machines, que celles qui ont été expoſées à la pluie, & aux injures de l'air : & c'eſt pour cela qu'on les préfere pour ſuſpendre les poids des horloges. 10°. Les cordes qui ont été expoſées aux injures de l'air ſont beaucoup plus roides & d'un plus mauvais uſage.

§. DXXXI. On peut encore augmenter le frottement en employant des cordes; en effet, ſi on fait faire à une corde pluſieurs révolutions autour d'un cylindre, & qu'on attache à une des extrêmités de cette corde un poids, ou un corps en mouvement, & qu'on ſaiſiſſe avec la main l'autre extrêmité de la corde, la partie de la corde, qui enveloppe le cylindre, éprouvera un frottement aſſez conſidérable pour ſoutenir le poids, ou pour arrêter le mouvement du mobile. Les Mariniers qui veulent arrêter un bateau, attachent à ce bateau une corde, dont ils entourent un pieux, planté ſur le rivage; ils ſaiſiſſent l'autre extrêmité de la corde, afin, qu'en la lâchant un peu, elle ne ſe rompe pas pas l'effort du bateau :

alors le mouvement du navire se rallentit sur-le-champ, & il passe, par degrés, du mouvement au repos.

Lorsque les Mariniers veulent lever l'ancre, ils enveloppent alors la corde, qui est destinée à cet usage, autour d'un axe, & ils lui font faire deux révolutions; deux Mariniers tirent l'extrêmité de cette corde, afin de l'appliquer plus fortement contre l'axe qu'elle entoure: & le frottement qu'elle éprouve contre cet axe est tel, qu'elle soutient le poids de l'ancre sans glisser, quoique le poids qu'elle supporte alors soit de ℔ 6000. Si l'axe est un peu raboteux, & que la corde soit enduite de gaudron, le frottement ira au-delà de ce qu'on peut imaginer; & la corde cassera plutôt que de céder à l'effort du poids, & de glisser sur l'axe.

§. DXXXII. Pour qu'on puisse connoître quelle puissance il faut employer pour équivaloir, ou pour vaincre seulement la roideur d'une corde qui enveloppe un cylindre donné; prenez un ruban plat, de soie bien flexible, que vous placerez sur une partie de la circonférence d'un cylindre, de façon qu'il pende des deux côtés: à une des extrêmités D [*Tab.* 12. *fig.* 2.] de ce ruban, suspendez un poids tel que P; & à l'autre extrêmité E, suspendez un bassin de balance: mettez des poids dans ce bassin jusqu'à ce que le cylindre commence à se mouvoir autour de son axe; alors l'excès du poids en E sur le poids en P, indique la valeur du frottement du cylindre sur son axe: cette connoissance acquise, substituez au ruban, dont nous venons de parler, une corde dont vous connoîtrez la grosseur, & réitérez la même expérience; ce que vous serez obligé d'ajoûter de poids dans le bassin E, pour que le cylindre commence à tourner sur son axe, indiquera la force qu'il faut employer pour vaincre la rigidité de cette corde.

§. DXXXI. M. *Bouguer* nous a appris, dans un Livre où il a traité de la manœuvre des vaisseaux, pag. 71, 72, 73, comment on peut, à l'aide de deux expériences faites avec différentes cordes, chargées de différens poids, connoître, & le frottement d'une machine sur son axe, & la roideur des cordes qu'on emploie pour faire mouvoir cette machine.

CHAPITRE X.

De la Méchanique du Mouvement.

§. DXXXIV. OUTRE ce que nous avons dit ſur la Méchanique, il nous reſte encore bien des choſes à conſidérer. Chaque machine nous offre différentes queſtions à réſoudre. Par exemple, une machine étant donnée, déterminer l'intenſité de la puiſſance, ou l'effort d'un fardeau pour la faire mouvoir.

Soit une balance, dont le fléau & les baſſins, pris enſemble, peſent 12 onces, que chaque baſſin de cette balance ſoit chargé d'un poids de deux onces, qui ſe faſſent mutuellement équilibre; ſi on jette dans un de ces baſſins un poids d'un grain, l'équilibre ſera rompu : le baſſin ſurchargé deſcendra, & l'extrêmité de l'aiguille, placée ſur le fléau, meſurera, par exemple, un arc de deux degrés, ou de 120 m′; ce qu'on pourra ſaiſir aiſément dans une balance à œil. Suppoſons maintenant que chaque baſſin de cette même balance ſoit chargée d'un poids de ℔ 3, & qu'elle ſoit en équilibre; ſi on jette, dans un des baſſins de cette balance, un poids d'un grain, l'équilibre ſera rompu: mais s'enſuivra-t-il pour cela que le fléau de la balance ſera mis en mouvement, & que l'aiguille meſurera deux degrés? Point du tout. Une balance devient d'autant moins mobile, qu'elle eſt plus chargée. Cela poſé, que doit-il arriver? Dans les deux cas que nous venons de citer, la puiſſance, qui tend à rompre l'équilibre, & à faire mouvoir la balance, = 1 grain : or, dans le premier des deux cas, ce poids d'un grain n'avoit à mouvoir qu'un poids de 16 onces, qui étoit le poids de la balance, & de la charge que portoient les deux baſſins; mais, dans le ſecond cas, ce même poids d'un grain a à mouvoir un poids de 108 onces : & par conſéquent il ne peut faire parcourir, à l'aiguille qui eſt ſur le fléau, que $17\frac{7}{9}$ m.; car $\frac{16 \times 120}{108} = 17\frac{7}{9}$; c'eſt-à-dire, près de 7 fois moins d'eſpace que dans le premier cas.

Suppoſons maintenant que la balance ſoit plus grande, & plus peſante; par exemple, que les bras de cette derniere ſoient dix fois plus longs que ceux de la premiere; en ne conſidérant d'abord que cet excès de longueur de la part des bras, il eſt conſtant que le poids dont chaque bras eſt chargé, agit par un levier 10 fois plus long : & par conſéquent que $\frac{1}{10}$ de grain produira la même choſe qu'un grain ſur un bras de balance 10 fois plus petit. Suppoſons auſſi que le poids de cette balance & de ſes baſſins = 800 ℔, & que chaque baſſin ſoit chargé d'un poids = 1000 ℔; le poids total de la maſſe à mouvoir eſt 2800 fois plus grand que celui du premier cas que nous avons cité : d'où il ſuit que 280 grains, × 10, ne pourront, dans ce dernier cas, produire que le même effet, qu'un ſeul grain produiſoit dans le premier; & cela n'aura encore lieu qu'en ſuppoſant que l'axe de ces deux balances ſera également aigu dans l'une & dans l'autre : ce qui eſt bien

éloigné d'être vrai ; puiſque celui de la derniere de ces deux balances eſt 10 fois plus obtus, & par conſéquent que la différence de la mobilité de l'une à celle de l'autre eſt au moins d'une demi-livre ; car l'expérience démontre qu'une balance, auſſi groſſiere que la derniere des deux dont nous venons de parler, ne peut être miſe en mouvement que par un poids d'une demi-livre, lorſqu'elle n'eſt chargée d'aucun poids. Mais il arrive ſouvent qu'une grande balance eſt encore bien moins mobile, & qu'on ne peut pas connoître, à ſi peu de choſes près, le véritable poids des marchandiſes qu'on veut peſer ; car ſi la balance dont nous venons de parler eſt chargée de part & d'autre d'un poids de 2500 ℔ ; elle ne commencera à trébucher que lorſqu'on mettra dans un de ſes baſſins un poids de 5 ℔ : & par conſéquent, ſi on la charge moins, elle trébuchera, à l'aide d'un poids de 2, de 3, ou de 4 livres, comme je l'ai obſervé dans un endroit public, deſtiné à peſer de gros fardeaux. Le mouvement initial d'une balance dépend donc de pluſieurs circonſtances ; ſavoir, ſur-tout du poids de la balance conjointement avec celui de ſes baſſins, & du poids des fardeaux dont on charge ſes baſſins.

§. DXXXV. Voici maintenant ce qu'il faut conſidérer dans les autres machines qui ſont miſes en mouvement par des poids, dont nous déterminerons la vîteſſe de la même maniere.

Soit la poulie A C B [*Tab.* 12. *fig.* 3.], enveloppée par la corde G A B H, & à laquelle aucun poids ne ſoit encore ſuſpendu ; ſuppoſons que le poids D exprime le frottement de l'axe C, & la réſiſtance qui naît de la roideur de la corde. Cela poſé, ſi on ſuſpend à l'extrêmité G de cette corde le poids E, qu'on veut élever, & qu'on ſuſpende à l'autre extrêmité de la même corde, le poids F = E ; les deux poids D & F ne pourront point encore faire mouvoir la poulie : il y aura équilibre entre toutes les réſiſtances. Pour rompre cet équilibre, & mettre la poulie en mouvement, il faudra encore ajoûter le poids P ; alors les poids D, F, P deſcendront & éleveront le poids E, avec une vîteſſe égale à celle avec laquelle ils deſcendront : comme le poids P deſcend par ſon excès de gravité, il ſe meut d'un mouvement accéléré, de même que tous les corps qui tombent ; mais il ne ſe meut pas avec une vîteſſe égale à celle qu'il auroit, s'il tomboit librement : puiſque, dans ſa chûte, il eſt obligé d'entraîner avec lui les poids F, D, E, & de vaincre l'inertie de la poulie ; par conſéquent ſi on veut connoître avec quelle partie de ſa gravité le poids P ſe meut de haut en-bas, il faut diviſer la ſomme de toutes les réſiſtances qu'il fait mouvoir par ſa gravité totale.

Suppoſons donc que le poids de la poulie = ℔ 3 ; que D = ℔ 1 ; que le poids E = F, = ℔ 10 ; enfin que le poids P = 3 ℔ : dans cette hypotheſe le poids de la poulie & des poids D, E, F = 24 ℔. Si on diviſe donc cette ſomme 24 par ℔ 3, ou par P, le quotient ſera = 8 ; le poids P ne ſe meut donc, dans cette occaſion, qu'avec $\frac{1}{8}$ de ſa gravité. Si on veut ſavoir maintenant quelle ſera ſa vîteſſe acquiſe à la fin de 10 m″, & quel eſpace il aura parcouru de haut en-bas pendant ce tems ? L'analogie ſuivante l'indique ; un corps grave qui ſe meut librement pendant 10 m″, parcourt 1509 pieds 6 pouces 8 $\frac{7}{9}$ ligne, ainſi qu'on peut s'en aſſurer, en conſultant la Table que nous avons donnée Chap. 7, ſur la gravité. Par conſéquent, en diviſant ce

nombre par 8, le quotient sera 188 pieds 8 pouces 4 $\frac{72}{72}$ ligne, (1) qui exprimera l'espace que le mobile, dont il est ici question, parcourra en 10 m″; & la vîtesse acquise sera telle, qu'il pourroit parcourir dans l'espace = 1 m″ 37 pieds, & près de 9 pouces.

§. DXXXVI. Le poids P, demeurant constamment le même, plus les poids E, F, D, ainsi que celui de la poulie, deviendront grands; moins le poids P parcourra d'espace dans le même tems, & plus sa vîtesse acquise sera petite : car, supposons que les poids E & F soient chacun = ℔ 100, la somme des poids à mouvoir sera alors = ℔ 204: or cette somme, étant divisée par 3 ℔, le quotient sera = 68; par conséquent le poids P, qui fait mouvoir toute la machine, ne se mouvera qu'avec $\frac{1}{68}$ de sa gravité. Si on divise donc 1509, 6, 8 $\frac{7}{9}$ par 68, le quotient sera = 22, 2, 4; & par conséquent le poids P, ainsi que ceux qu'il entraîne, par sa chûte, ne parcourront que 22 pieds, 2 pouces, 4 lignes dans l'espace de 10 m″.

§. DXXXVII. Si on a deux poulies C & B [*Tab.* 12. *fig.* 4.], la premiere C, étant fixe, & la seconde B, mobile de haut en-bas & de bas en-haut, à l'extrêmité de la châsse de laquelle soit suspendu le poids P, qui, par son excès de pesanteur, fasse mouvoir de bas en-haut le poids Q; quelle sera, dans ce cas, la vîtesse que le poids P communiquera au poids Q? Pour résoudre ce problême, il faut concevoir que le poids Q = Q + le frottement qui naît de la roideur de la corde & celui de l'axe de la poulie, (§. 536).

Cela posé, puisque, dans l'état d'équilibre, $Q = \frac{P}{2}$, ou $P = 2\,Q$, il faut que P soit plus grand que 2 Q, pour qu'il puisse se mouvoir; & par conséquent l'excès de P sur 2 Q, est la puissance motrice qui produit le mouvement de cette machine : or, pour connoître cette puissance motrice, il faut d'abord connoître quelle est la masse qu'il faut mouvoir.

Lorsque le poids Q se meut, il parcourt, en montant, un espace double de celui que P parcourt en descendant, & par conséquent les forces requises pour produire cette vîtesse double, doivent être 4 fois plus grandes que celles qu'il faudroit employer pour mouvoir Q avec une vîtesse = 1 : ces forces sont donc = 4Q. Par conséquent l'excès du poids P sur 2 Q, doit mouvoir un poids = P + 4 Q.

On peut donc établir cette regle; le poids P + 4 Q est à l'espace qu'un corps grave, qui tomberoit librement, parcourroit, comme l'excès de P sur 2 Q est à l'espace que parcoure dans le même tems le poids P.

Supposons maintenant que le poids, conjointement avec la poulie, pese ℔ 100, & que Q = 45 ℔; dans cette hypothese l'excès de P sur 2 Q sera = ℔ 10. Cet excès de poids est la puissance mouvante, qui fait descendre P, & qui éleve Q; la masse, que cette puissance doit mouvoir, est donc = P + 4 Q, = ℔ 100 + 180 = ℔ 280. Si on divise donc 280 par 10, le quotient sera = 28. Cela posé, si nous cherchons quel espace parcourra le poids P pendant 4 m″, voici comment nous raisonnerons; un corps qui tombe librement, pendant l'espace de 4 m″, parcourt 241 pieds, 5 pouces, 5 lignes (Table dressée Chap. 7. sur la Gravité). Si on divise cet espace, 241

(1) L'Auteur avoit mis 189 pieds 11 pouces 4 lignes; erreur qui nous a paru mériter la correction que nous y avons mise.

pieds, 5 pouces, 5 lignes, par 28, le quotient ſera = 8 pieds, 7 pouces, 5 lignes, le poids P, dont il eſt ici queſtion, parcourra donc, en deſcendant, pendant l'eſpace de 4 m″, 8 pieds 7 pouces 5 lignes.

§. DXXXVIII. Soit deux mouffles, compoſées de 6 poulies; ſubſtituons le poids Q [*Tab.* 9. *fig.* 1.] à la place de la puiſſance V; pour que Q ſoit en équilibre avec le poids P, il faut qu'on ait la proportion ſuivante, Q : P :: 1 : 6. Or ſuppoſons maintenant que Q ſoit plus petit que $\frac{P}{6}$; dans cette ſuppoſition, le poids P deſcendra & élevera le poids Q : la quantité dont P ſurpaſſe 6 Q, eſt la puiſſance qui oblige P à deſcendre, & Q à s'élever; mais parceque Q ſe meut avec ſix fois plus de vîteſſe que P, cette force = 36 Q. L'excès de P ſur Q a donc à mouvoir P, + 36 Q; on aura donc cette proportion, P + 36 Q eſt à l'eſpace que parcourroit dans le même tems un corps qui tomberoit librement, comme P — 6 Q eſt à l'eſpace que doit parcourir le poids P.

Suppoſons que le poids de la mouffle mobile MN, + le poids de P, = 100 ℔, que Q = 15 ℔, P — 6 Q ſera = 100 — 90 = 10 ℔, & P + 36 Q = ℔ 100 + 540 ℔ = 640 ℔; & conſéquemment $\frac{640}{10} = 64$; c'eſt-à-dire, que l'eſpace que P parcourra, ſera 64 fois moindre que celui que parcourroit un corps abandonné à lui-même, & qui tomberoit librement : or un corps qui ſe meut librement, parcourt en 10 m″ 1509 pieds, 6 pouces, 8 lignes $\frac{7}{9}$. Par conſéquent, ſi on diviſe cette quantité par 64, le quotieut ſera = 23 pieds, 5 pouces, le poids P dont il eſt ici queſtion, ne parcourra donc, dans l'eſpace de 10 m″, que 23 pieds, 5 pouces.

On peut, à l'aide des deux derniers exemples que nous venons de rapporter, réſoudre tous les problêmes qui concerneront le mouvement de toutes les eſpeces de poulies moufflées. Puiſque le mouvement du poids P, dans ſa chûte, eſt à l'eſpace que parcoure dans le même tems un corps qui ſe meut librement, & que j'appelle = S, comme P — 6 Q eſt à l'eſpace X, que doit parcourir le poids P : on aura la valeur d'X, par la proportion ſuivante, $P + 36\,Q : S :: P - 6\,Q : X = \frac{\overline{P - 6\,Q} \times S}{P + 36\,Q}$; mais puiſque Q ſe meut 6 fois plus vîte que P, l'eſpace que Q parcourra dans le même tems = $\frac{\overline{6P - 36Q} \times S}{P + 36Q} = \frac{\overline{P - 6Q}}{P + 36Q} \times 6S$.

§. DXXXIX. Si les mouffles n'étoient compoſées que de 4 poulies, on trouveroit alors la proportion ſuivante, P + 16 Q : S :: P — 4 Q eſt à l'eſpace parcouru par le poids P. Et ſi, à l'aide de deux mouffles, l'une mobile, & l'autre immobile, on vouloit que le poids Q fût élevé par le poids P, ſuſpendu à la châſſe de la mouffle mobile; voici comment on détermineroit le *maximum* de cette action. Suppoſons que n = le nombre des cordes qui enveloppent les poulies inférieures; on aura alors $Q = \frac{P \times \overline{1 + \sqrt{1+n}}}{nn}$ — 1.

Par conſéquent, ſi on ſuppoſe que P = 100 ℔, comme on l'a ſuppoſé

(§. 538) ; alors Q ne ſera pas = 15 ℔ ; mais ſeulement un peu plus grand que 13 ℔.

§. DXL. Soit le plan incliné AC [*Tab.* 12. *fig.* 5.], ſur lequel ſoit placée la ſphere K, mobile ſur ſon axe, & qui par conſéquent peut ſe mouvoir ſur le plan incliné, ſans y éprouver un frottement ſenſible ; faiſons auſſi abſtraction du frottement de la poulie T ſur ſon axe, & ſuppoſons que la ſphere K ſoit mue ſelon une direction parallele au plan : dans cette hypotheſe le poids P eſt en équilibre avec la ſphere K, lorſque P : K :: BC : CA. Suppoſons maintenant que BC : CA :: 1 : 2 ; on aura donc K = 2 P, ou bien P = ½ K. Si on augmente le poids de P juſqu'à ce que K ſoit en mouvement, & qu'on ſuppoſe que K = 100 ℔, & P 60 ℔ ; alors la partie du poids P, qui mettra K en mouvement, ſera = 10 ℔ : puiſque P emploie 50 ℔ de ſon poids pour faire équilibre à K.

Or ce poids, = 10 ℔, doit mouvoir le poids P & le poids K ; qui ne peuvent ſe mouvoir l'un & l'autre qu'avec la même vîteſſe ; la ſomme de ces deux maſſes à mouvoir = 160 ℔. Si on diviſe cette ſomme par 10, le quotient ſera = 16 ; & par conſéquent il faudra diviſer par 16 l'eſpace que parcourroit, dans un tems donné, un corps qui ſe mouveroit librement, pour avoir un quotient qui exprimera l'eſpace que parcourra, dans le même tems, le poids P.

Or puiſqu'un corps qui ſe meut librement parcourt, dans l'eſpace de 10 m″, 1509 pieds, 6 pouces, 8 lignes $\frac{7}{9}$, ſi on diviſe ce nombre par 16, le quotient 94 pieds, 4 pouces 1 ½ ligne, exprimera l'eſpace que le poids P parcourra en 10 m″.

Si le corps K n'eſt pas ſphérique, mais qu'il ſoit plan, il ne pourra être mis en mouvement que par une puiſſance qui pourra vaincre ſon frottement ; & ſi on conſidere outre cela le frottement de la poulie, ſa peſanteur & la roideur de la corde, le poids P ne pourra pas ſe mouvoir avec la vîteſſe que nous venons de trouver. En effet, ſuppoſons que le frottement de K ſur le plan, que celui de la poulie ſur ſon axe, & la réſiſtance qui vient de la roideur de la corde, = ⅓ K ; dans cette ſuppoſition, il faudra conſidérer K de même que ſi ſon poids étoit = 133 ℔ : & par conſéquent le poids P, = 60 ℔, ne ſera pas ſuffiſant pour mouvoir le poids K ; puiſque P, étant = 66 ⅔ ℔, ne peut que faire équilibre à K, conſidéré comme ſur le point de ſe mouvoir : & il faudra encore augmenter le poids P, pour qu'il puiſſe entraîner & faire mouvoir K.

Si on augmente le poids de P de façon qu'il devienne = 76 ⅔ ℔, l'excès de ſon poids ſur la réſiſtance que K apporte au mouvement, ſera = 10 ℔ ; & on trouvera, de même que précédemment, de quelle maniere, ou, pour mieux dire, avec quelle vîteſſe ces deux corps doivent ſe mouvoir. En effet la maſſe de K, = 100 ℔, celle de P = 76, la ſomme de ces deux maſſes = 176 ; laquelle, étant diviſée par 10, donne 17 pour quotient : ſi l'on diviſe donc 1509 pieds, 6 pouces, 6 lignes, par 17, on aura pour quotient 88 pieds, 9 pouces, 6 lignes ; par conſéquent le poids P, dans l'eſpace de 10 m″, parcourra 88 pieds, 9 pouces, 6 lignes (1).

(1) Je remarque ici deux erreurs qui rendent le réſultat que nous annonçons beaucoup

Si

Si le poids P : 2 K : : la hauteur B C eſt à la longueur C A, le poids K ſera élevé ſur ce plan à la hauteur B C, dans le plus petit inſtant poſſible ; & alors le ſinus d'inclinaiſon du plan ſera au rayon, comme la puiſſance P eſt au poids double du poids à élever.

§. DXLI. Soit un treuil, ſur l'axe A B [*Tab.* 12. *fig.* 6.] duquel ſoit roulée la corde, à l'extrêmité de laquelle le poids P eſt ſuſpendu ; qu'une autre corde embraſſe une partie de la roue D E, & qu'à une des extrêmités de cette corde ſoit attaché le poids Q : on aura équilibre entre ces deux poids, ſi P : Q : : D E : A B. Suppoſons maintenant que le poids P devienne plus grand ; ce poids deſcendra alors, & entraînera, par ſa chûte, le poids Q, qu'il fera mouvoir de bas en haut. Quelle doit être, dans cette hypotheſe, la vîteſſe avec laquelle le poids P ſe précipitera, abſtraction faite du frottement du poids de la machine, & de la roideur des cordes ? Pour réſoudre ce problême, ſuppoſons que D E : A B, : : 2 : 1, : : P : Q ; dans cette hypotheſe, P = 2 Q, ſi P = 40, Q = 20. Or ſuppoſons que P = 50, l'excès de P, ſur ce qu'il devroit être pour faire équilibre à Q = 10, le mouvement de P eſt donc produit par une puiſſance = 10. Mais lorſque P deſcend, Q eſt élevé avec une vîteſſe double de celle de P ; & par conſéquent il faut néceſſairement une force quadruple pour le faire mouvoir : nous devons donc concevoir Q quadruple de ce qu'il eſt réellement ; ainſi 4 Q = 80. La ſomme des poids à mouvoir ; ſavoir, P + Q = donc 80 + 40 = 120 ; & la puiſſance qui doit les faire mouvoir = 10 Il faut donc diviſer 120 par 10, le quotient ſera = 12. En conſultant la Table que nous avons donnée Chap. 7, on trouvera combien un corps qui ſe meut librement en tombant,

au-deſſus de ce qu'il doit être. 1°. L'Auteur n'a pas pris exactement la ſomme des poids que la puiſſance entraîne dans ſon mouvement. puiſque 100 + 76 $\frac{2}{3}$ = 176 $\frac{2}{3}$, & non 176. 2°. Il n'a pas pris le véritable dividende 1409 pieds 6 pouces 8 $\frac{7}{9}$ ligne : eſpace que parcourt un corps qui ſe meut librement, en tombant, pendant 10 m″. Ajoûtez encore à cela que 88 pieds, 9 pouces, 6 lignes. n'eſt pas le véritable quotient de 1509 pieds, 6 pouces, 6 lignes, diviſé par 17, nombres qu'il a ſubſtitué à 1509 pieds 6 pouces 8 $\frac{7}{9}$ lignes, & 17 $\frac{2}{3}$, qui ſont les deux nombres à diviſer l'un par l'autre, pour avoir l'eſpace que P doit parcourir en 10 m″. Voici le calcul qu'il faut faire pour trouver ce réſultat.

Dans l'hypotheſe préſente, K = 100 ℔, P = 76 $\frac{2}{3}$ ℔ ; par conſéquent la ſomme de ces deux poids = 176 $\frac{2}{3}$ ℔ : ce nombre, diviſé par 10, = 17 $\frac{2}{3}$: nombre par lequel il faut diviſer l'eſpace que parcourt en 10 m″ un corps qui tombe librement. On aura donc

$$\frac{1509 \text{ pieds } 6 \text{ pouc. } 8\,\frac{7}{9} \text{ lig}}{17\,\frac{2}{3}} = \frac{4528 \text{ pieds } 8 \text{ pouc. } 2 \text{ lig } \frac{3}{9}}{53},$$

dont le quotient ſera 85 pieds, 5 pouces, 4 lignes $\frac{55}{159}$, qui ſera l'eſpace que P parcourra en deſcendant pendant 10 m″.

Cette erreur, plus ſenſible que celles qui ſe ſont gliſſées dans les articles précédens de ce Chapitre, m'a fait jetter les yeux ſur les autres calculs, que j'avois copiés d'après les feuilles qu'on m'a remiſes ; mais je n'ai pas cru qu'il fût également néceſſaire de les refaire : l'erreur qui s'y trouve ne vient que de ce que l'Auteur a négligé de faire entrer en conſidération la valeur des fractions ; ce qui n'occaſionne pas ici une erreur aſſez ſenſible pour mériter quelqu'attention : puiſque la pratique ne ſuit pas aſſez rigoureuſement la théorie.

On trouvera un exemple de ces eſpeces d'erreurs dans un *alinea* précédent, où l'Auteur indique pour quotient de 1509 pieds, 6 pouces, 8 $\frac{7}{9}$ lignes, diviſé par 16 ; 94 pieds, 4 pouces, 1 $\frac{1}{2}$ ligne : tandis que le véritable quotient doit être 94 pieds, 4 pouces, 1 ligne $\frac{43}{144}$: erreur qui ne va qu'à $\frac{31}{144}$ de ligne.

par exemple, pendant 10 m″, parcoure d'eſpace; diviſant donc ce nombre par 12, on ſaura combien le poids P, dont il eſt ici queſtion, parcourra d'eſpace dans le même tems : & on trouvera 125 pieds, 9 pouces, 6 lignes (& quelque choſe de plus, que l'auteur a négligé). Pour rendre cette ſolution générale, voici comment il faut procéder; A B : DE : : Q : P. Par conſéquent $P = \frac{DE \times Q}{AB}$, équation qui n'eſt juſte que dans le cas d'équilibre : mais, en ſuppoſant que P eſt plus grand qu'il doit être, pour faire équilibre à Q, cet excès ſera la puiſſance motrice que nous devons conſidérer, & qui ſera $P - \frac{DE}{AB} \times Q$. Maintenant ſubſtituons à Q, ſuſpendu au point E, un autre poids, qui, étant ſuſpendu en B, produira le même effet que Q; nous aurons alors Q eſt à ce nouveau poids : : $\overline{AB}^q : \overline{DE}^q$.

Q ſera donc $\times \frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q}$. Alors la ſomme des maſſes à mouvoir ſera $P + Q \times \frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q}$. Ces maſſes ſeront miſes en mouvement par $P - \frac{\overline{DE}}{\overline{AB}} \times Q$. Suppoſons maintenant que l'eſpace parcouru, pendant un tems donné, par un corps qui ſe meut librement, = S, on aura $P + Q \times \frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q} : S : : P - \frac{\overline{DE}}{\overline{AB}} \times Q$ eſt à l'eſpace parcouru par P; & ſi ce dernier eſpace eſt déſigné par X, on aura

$$X = \frac{S \times \overline{P - \frac{DE}{\overline{AB}} \times Q}}{\overline{P + Q \times \frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q}}}.$$

§. DXLII. Mais il faut encore conſidérer ici le poids du treuil & de ſon tambour, ce dont nous avons fait abſtraction dans le (§. 541); ce qui rallentit la vîteſſe du poids P, & qui la rend plus petite que l'eſtimation que nous venons de faire.

Il faut donc d'abord conſidérer le poids de l'axe A B, qu'on réduira à une autre gravité, qui aura le même *moment*, & qu'on ſuppoſera entierement tranſportée en A, où elle produira ſon action. On aura l'aire du cercle, en multipliant ſa circonférence A B par la moitié du rayon A C; en ſuppoſant donc que cette ſurface A B eſt matérielle, on aura ſa ſolidité $= AB \times \frac{1}{2} AC = \frac{1}{2} AB \times AC$: par conſéquent ſi on conçoit que la moitié de la ſolidité de l'axe ſoit tranſportée dans la ſurface A B, & qu'elle agiſſe à l'extrêmité A du rayon A C, on aura le même *moment*.

Il faut auſſi réduire de la même maniere la ſolidité du tambour D E, &

transporter toute sa pesanteur à la surface D E; & elle sera alors $= \frac{1}{3}$ D E $\times$ C E; mais comme le point E se meut plus vîte que le point A, il faut encore réduire tout le *moment* qui s'exerce en E, en un autre équivalent qui agiroit en B, & qui sera alors comme $\overline{CB}^q : \overline{CE}^q :: \overline{AB}^q : \overline{DE}^q$.

Nommons g le poids de l'axe, & G celui du tambour; & par conséquent au point A, au lieu de $\frac{1}{2}$ A B, substituons $\frac{1}{2}$ g, & plaçons au point B $\frac{1}{3}$ G $\frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q}$.

Ajoûtons ces nouvelles quantités aux masses que nous avons déterminées dans la section précédente, & que la puissance devoit mouvoir; nous aurons actuellement $P + Q \times \frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q} + \frac{1}{2} g + \frac{1}{3} G \times \frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q} = P + \frac{1}{2} g + \overline{(Q + \frac{1}{3} G)} \frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q}$; or la puissance motrice est encore la même qu'elle étoit précédemment $= P - \frac{DE}{AB} \times Q$; & par conséquent l'espace X, que doit parcourir le poids P, sera aisé à trouver par cette proportion.

$$P + \frac{1}{2} g + \overline{(Q + \frac{1}{3} G)} \frac{\overline{DE}^q}{\overline{AB}^q} : S :: P - \frac{DE}{AB} \times Q : X.$$

Mais nous n'avons pas encore considéré jusqu'à présent le frottement, la roideur & le poids des cordes.

§. DXLIII. Le poids des cordes varie suivant les différens mouvemens que peut faire une machine : en effet, dans la machine dont nous parlons ici, lorsque la corde Q E enveloppe le tambour, la corde A P devient plus longue; & lorsque le poids Q prévaut, & qu'il entraîne le poids P, la corde A P se roule alors sur l'axe, & la corde E Q devient plus longue. Mais le poids des cordes n'influe pas tant sur les résultats qu'on cherche dans ces sortes de circonstances, que les différens degrés de roideur qu'elles peuvent avoir; suivant que l'atmosphere, qui les enveloppe, est plus ou moins chargé d'humidité, suivant que les poids P & Q, qui sont attachés à leurs extrêmités, sont plus ou moins grands, &c. Et il n'est gueres possible de calculer *à priori* tout ce qui doit entrer en considération dans le mouvement de ces sortes de machines. Ajoûtez encore à ce que nous venons de dire, que le frottement varie en plus, ou en moins, suivant que la machine se meut avec plus ou moins de vîtesse; car il augmente lorsque la vîtesse devient plus grande : & il arrive quelquefois même que la vîtesse ne peut pas augmenter; parceque le frottement devient tel, qu'il oppose à la puissance un obstacle insurmontable.

§. DXLIV. Comme il y a plusieurs machines qu'on met en mouvement par des puissances animales; telles que des hommes, ou d'autres animaux de différentes especes (quoiqu'on fasse usage assez souvent du courant de l'eau, du vent, de poids, de ressorts, &c.) il faut donc considérer ici la force de l'homme, & le service qu'on en peut attendre, lorsqu'il est appliqué à une

machine, felon différentes pofitions de fon corps. Ce ne fut pas fans un deffein fagement réfléchi, que *de la Hire* (1), *Amontons* (2), *Parent* (3), *Defaguilliers* (4), effayerent de déterminer l'avantage d'une telle puiffance, & que *Belidor* (5) raffembla, en forme de *Compendium*, ce que ces grands hommes nous ont laiffé fur cette matiere.

§. DXLV. La force de l'homme, ainfi que des autres animaux dont on fe fert pour mouvoir des fardeaux, réfide dans les mufcles, ou de leurs bras, ou de leurs cuiffes, ou de leurs lombes, ou enfin de différentes autres parties de leur corps : elle dépend auffi, quant à fon intenfité, de la fituation ou de l'inclinaifon de leur corps.

Un adulte, de moyenne taille, pefe ordinairement 140 ℔; lorfqu'un tel homme eft à genoux, il peut s'élever fur la pointe des pieds, fans le fecours de fes mains; &, dans ce cas, les feuls mufcles élévateurs des cuiffes & des feffes peuvent élever un poids de 140 ℔, qui agit par un levier, dont le centre du mouvement eft placé dans les doigts des pieds; ce même poids agit à différente diftance du centre du mouvement, fuivant que le corps de l'homme eft plus ou moins incliné, en avant ou en arriere, ou fuivant qu'il eft plus d'aplomb. Quant aux mufcles dont nous venons de parler, ils agiffent toujours à égale diftance du centre du mouvement : fi le centre de gravité du corps paffe par le point où les mufcles font inférés, pour lors la réfiftance & la puiffance agiffent à même diftance du centre du mouvement; & dans ce cas les mufcles releveurs des cuiffes, foulevent exactement un poids de 140 ℔. Un adulte porte facilement fur fes épaules un poids de 150 ℔, & il peut marcher droit, & fans fe courber, lorfqu'il eft chargé de ce fardeau: fi on ajoûte donc à ce poids celui de fon corps = 140 ℔, la fomme de ces deux poids fera = 290 ℔, que les pieds, les cuiffes & le tronc de cet homme fupporteront.

Si on place un poids de 100 ℔ entre l'écartement des pieds d'un adulte, & qu'en fe baiffant il faififfe ce poids avec les mains, il pourra facilement l'élever en fe relevant; & cet effort dépendra de la contraction des mufcles lombaires.

Si un homme faifit avec les deux mains l'extrêmité d'une corde, qui paffe fur la circonférence d'une poulie fixée à une certaine hauteur, & qu'un poids foit fufpendu à l'autre extrêmité de cette corde; cet homme pourra, à l'aide de fes mains, fe pendre lui-même à l'extrêmité de la corde qu'il tient : & alors il fera équilibre à un poids = 140 ℔, & il ne pourra pas tirer de haut en-bas un plus grand fardeau.

§. DXLVI. Si un homme eft appliqué à l'extrêmité de la manivelle d'une roue, & que cette manivelle foit égale en longueur au rayon de l'axe, fur lequel fe courbe la corde qui foutient le fardeau qu'il faut mouvoir; cette manivelle, dans fon mouvement, prendra différentes pofitions. Suppofons-la d'abord perpendiculaire à l'horifon, de maniere qu'elle foit placée dans le point le plus bas de fa révolution; dans ce cas, la main de l'homme, faifant effort pour tirer cette manivelle & pour la faire monter, pourra élever

(1) Hift. de l'Acad. Roy. ann. 1699. (2) Hift. de l'Acad. Roy. ann. 1703. (3) Hift. de l'Acad. Roy. ann. 1714, pag. 119 (4) Courfe of Experim. Philof. Vol. 1. Lect. 4. (5) Architect. Hydraul. Tom. 1. Liv. 1. chap. 1.

aisément un poids de 150 ℔ : mais la force de cet homme diminuera à proportion que la manivelle sera plus élevée ; car si elle parvient à la hauteur de ses épaules ; alors la force de l'homme sera réduite à son *minimum*, & elle sera presque = o : ainsi la puissance qui fait mouvoir circulairement une manivelle, décroîtra, dans cette hypothese, depuis 150 jusqu'à o.

Supposons maintenant que cette manivelle soit encore disposée perpendiculairement à l'horison ; mais de maniere qu'elle soit dans son plus haut point d'élévation : cet homme dont nous venons de parler, pourra encore pousser devant lui cette manivelle, ou par l'effort de ses bras, ou par cet effort joint à celui de tout son corps ; si cet effort ne se fait que par le ministere de ses bras, il ne surpassera pas un poids de 30 ℔ : mais il sera beaucoup plus considérable s'il y joint la pression de son corps. Si cette manivelle se trouve encore située à la hauteur de ses épaules, la force de l'homme, pour l'abaisser, sera encore = o ; mais si elle est supposée au-dessous de cette hauteur, alors cet homme peut appliquer contre elle presque tout le poids de son corps, & il agit par le plus long bras de levier par lequel il puisse agir : mais à proportion que la manivelle s'abaisse, la force de l'homme devient de plus petite en plus petite ; parceque le bras de levier se raccourcit à proportion, jusqu'à ce que la manivelle, étant une seconde fois parvenue au point le plus bas de sa révolution, l'homme la fasse remonter en la tirant. Il paroît, par ce simple exposé, que la force d'un homme appliqué à une manivelle, qu'il fait mouvoir circulairement, souffre bien des inégalités ; & il suit manifestement de là, que, si on adapte deux manivelles aux extrêmités d'un même axe, une de chaque côté, il faut avoir soin de les disposer différemment l'une de l'autre : & cette différence doit être telle, qu'elles soient opposées à angle droit ; parceque, dans cette disposition, lorsque la force d'un des deux hommes sera = o, l'autre jouira de toute l'intensité de la sienne.

§. DXLVII. Si un homme saisit avec la main une corde qui passe sur la circonférence d'une poulie, à l'autre extrêmité de laquelle soit suspendu un poids, il pourra tirer à lui & élever un poids = 24 à 25 ℔, mais jamais = 30 ℔. Si un homme fait passer par dessus son épaule une corde, à laquelle un fardeau = 25 ℔ soit attaché, & qu'il tienne à sa main cette corde, il pourra tirer ce fardeau & le faire avancer en marchant : il pourra travailler de cette maniere pendant l'espace d'une heure, & parcourir 6000 pieds ; & c'est le plus grand effet qu'on puisse attendre d'un homme qui tire ou qui pousse.

§ DXLVIII. Comme la plupart des hommes sont appliqués aux machines, de façon qu'ils ne les font agir qu'en tirant ou en poussant, comme nous venons de l'indiquer ; il s'en suit *que les effets d'une machine, mise en mouvement par un homme, ne peuvent point surpasser les effets naturels* (1). Ces effets ne vont jamais au delà de 6000 pieds, lorsque l'homme agit pendant une heure contre 25 ℔, de quelque maniere que ce produit naisse, en multipliant la masse par la vîtesse : ainsi on peut regarder ces effets naturels

(1) L'Auteur entend ici par *effets naturels*, les plus grands effets que puisse produire un homme qui agit pendant une heure avec 25 ℔ d'effort.

comme les bornes des effets qu'on peut attendre de toutes les machines que l'homme fait agir.

Puiſqu'un ſeul homme peut, dans l'eſpace d'une heure, tranſporter 25 ℔ à 6000 pieds de diſtance, il peut par conſéquent tranſporter 25 ℔ à 100 pieds dans l'eſpace d'une minute; parceque 60 : 6000 : : 1 : 100. Cela poſé, ſuppoſons que le poids de 25 ℔ = P, & que l'eſpace 6000 pieds = S. L'effet produit par un ſeul homme dans l'eſpace d'une heure, ſera = P S. Suppoſons maintenant un autre poids = P, qu'il faille mouvoir pendant le même tems; ſi on cherche quel ſera l'eſpace qu'on nommera = s, on le trouvera par cette analogie, P S = p s : donc p : P : : S : s; ou bien $S = \frac{PS}{P}$. Suppoſons maintenant que P = 10000 ℔, on aura 10000 : 25 : : 6000 : 15; & par conſéquent le même homme qui aura tranſporté un poids de 25 ℔ à 6000 pieds dans l'eſpace d'une heure, pourra tranſporter un poids de 10000 ℔ à 15 pieds pendant le même tems. S'il s'agit de tranſporter un poids de 10000 ℔ à cent pieds pendant le tems d'une minute, on trouvera le nombre d'ouvriers qu'il faudra employer pour cela, en faiſant le raiſonnement ſuivant: puiſqu'un ſeul ouvrier tranſporte un poids de 25 ℔ à 100 pieds de diſtance dans l'eſpace d'une minute, 400 ouvriers tranſporteront un poids de 10000 ℔ à 100 pieds de diſtance dans le même tems; puiſque 1 : 25 : : 400 : 10000.

Mais ſi un homme, outre l'effort qu'il peut faire avec ſes bras, employe encore le poids de ſon corps, comme il arriveroit s'il montoit ſucceſſivement ſur les chevilles qu'on remarque à la circonférence de pluſieurs roues, ou s'il marchoit dans une roue à tambour, il produiroit alors les effets ſuivans. Suppoſons toujours ſon poids = 140 ℔. S'il marche ſur un plan légerement incliné ou non incliné, il peut, en marchant pendant une heure, parcourir un eſpace = 1200 perches rhenan; c'eſt-à-dire, 14400 pieds. J'ai vu des hommes qui faiſoient ce chemin dans l'eſpace d'une heure, & qui portoient ſur leurs épaules un poids de 150 ℔; & par conſéquent qui produiſoient un effet incomparablement plus grand qu'on ne doit l'attendre d'un homme qui agit de cette maniere.

§ DXLIX. Il arrive ſouvent qu'un homme, ou même pluſieurs, quelquefois même un animal, marchent dans un tambour, appliqué à un treuil ou à une grue, & que, par ce moyen, on éleve des fardeaux. L'homme qui marche dans un tambour peut être conſidéré de la même maniere que s'il montoit une échelle; c'eſt pourquoi il ne peut pas marcher auſſi vîte que s'il marchoit ſur un plan, & parcourir 14400 pieds dans une heure. S'il en parcoure la moitié, ſavoir 7200, c'eſt tout ce qu'on en peut attendre. Suppoſons donc que le diametre de ce tambour = 15 pieds, que le poids du tambour ſeul = 8000 ℔, & que ce poids, joint à celui de l'axe de la machine & de la corde, à laquelle pend le fardeau = 10000 ℔, que le diametre de l'axe = 2 pieds, que le fardeau qu'il doit élever = 600 ℔; enfin que le poids de l'homme = 150.

Pour qu'il y ait équilibre entre le fardeau = 600 ℔, éloigné d'un pied du centre du mouvement, & la puiſſance, il faut que l'homme, dont le poids = 150, ſoit à l'extrêmité d'une ligne droite de 4 pieds de longueur, priſe

depuis le centre du mouvement de la machine, jufqu'au point du tambour, où l'homme eft appliqué : or, pour que cet homme fe meuve, il faut néceffairement qu'il s'éloigne du centre du mouvement : fuppofons qu'il s'éloigne à la diftance de 5 pieds; alors il fera mouvoir la machine, & le fardeau fera élevé : mais avec quelle vîteffe ce fardeau fera-t-il élevé dans l'hypothefe préfente? Pour réfoudre cette queftion, il faut confidérer la puiffance qui fait mouvoir la machine, & on trouvera la proportion fuivante : 5 pieds de diftance de l'homme au centre du mouvement, font à un pied de diftance du fardeau au même centre, comme le poids du fardeau 600 ℔ eft à 120 ℔; par conféquent fi cet homme ne pefoit que 120 ℔, il tiendroit en équilibre un fardeau = 600 ℔ : mais le poids de cet homme eft fuppofé = 150; l'excès de fon poids fur celui qui eft requis dans l'hypothefe préfente, égale donc 30 ℔, qui font la puiffance mouvante.

Le fardeau fe meut plus lentement que l'homme; par conféquent, pour réduire ces deux vîteffes à égalité, fuppofons que le fardeau foit à la diftance de cinq pieds du centre du mouvement : & pour que les momens foient égaux de part & d'autre, confidérons ce fardeau de même que s'il ne pefoit que 110 ℔; puifque le moment de 120 ℔, à une diftance comme 5, = le moment de 600 ℔ à une diftance comme 1. Mais le véritable fardeau fe meut cinq fois plus lentement; & par conféquent fes forces font 25 fois moindres, & $\frac{600}{25}$ exercent le même effort à une diftance comme 1 du centre du mouvement, que 120 à une diftance comme 5 : or $\frac{600}{25} = 24$.

Le poids du tambour agit à une plus grande diftance du centre du mouvement que l'homme qui marche dedans; puifque cette diftance eft triplée : ce poids eft donc égal à un poids de 24000 ℔ qui agiroit à la diftance de cinq pieds du centre du mouvement; fi on joint donc ce dernier poids avec celui de l'homme, & celui de la réfiftance = 120 ℔, on aura 24000 ℔ + 150 ℔, + 120 ℔ = 24270 ℔, qu'une puiffance = 30 ℔ devra mettre en mouvement : par conféquent fi on divife la fomme totale de la réfiftance par la puiffance, on aura $\frac{24270}{30} = 809$: d'où il fuit que la vîteffe avec laquelle un homme fe meut dans le tambour dont il eft ici queftion, n'eft que $\frac{1}{809}$ de la vîteffe avec laquelle un corps grave, abandonné à lui-même, fe mouveroit dans le même tems. Or, dans l'efpace de 10 m″, un corps grave parcourt, en tombant, 1509 pieds, à peu de chofes près, par conféquent cet homme, dans l'efpace de 10 m″, n'abaiffera tout-au-plus le tambour que de $7\frac{1}{2}$ degrés : il ne defcendra lui-même, pendant ce tems, que $\frac{1}{10}$ pied, & le fardeau ne fera élevé que très lentement. Mais il n'en arrive pas ainfi dans la pratique; un homme peut, en montant, parcourir 5 pieds dans l'efpace de 10 m″ : par conféquent il produit un plus grand effet en s'éloignant davantage du centre du mouvement.

§. DL. Comme un homme qui marche dans un tambour defcend continuellement, fon centre de gravité ne demeure pas conftamment à même diftance du centre du mouvement lorfqu'il monte : cette diftance augmente, & par conféquent il n'agit pas avec un mouvement uniforme. Cependant la maffe énorme du tambour, lorfqu'il eft mis en mouvement, ainfi que le frottement de la machine, rendent ce mouvement uniforme, ou il en

differe si peu, que cette différence ne mérite pas d'entrer en considération.

§. DLI. Un cheval tire des fardeaux parallelement à l'horison, & la force d'un cheval équivaut à celle de 7 hommes : or comme la force d'un homme qui tire = 25 ℔, celle d'un cheval = 25 × 7 = 175 ℔.

M. *Sauveur* a fait voir que cette estimation s'accordoit avec l'expérience; il attacha un cheval à une corde, qui passoit par-dessus la circonférence d'une poulie, à l'autre extrêmité de laquelle étoit suspendu un poids = 175 ℔, qu'il plaça dans un puits : & il trouva que ce cheval marchoit avec une vîtesse, qui étoit telle, qu'il pouvoit, en une heure, parcourir 1800 toises.

Belidor, s'en rapportant à ses propres observations, prétend qu'un cheval peut élever ce même poids, & parcourir, dans l'espace d'une heure, 2000 toises ; & même qu'il peut travailler $2\frac{1}{2}$, ou même 3 heures de suite : ce qui est le plus grand effet qu'on puisse attendre d'un cheval qui tire. Un bœuf peut tirer un plus grand fardeau qu'un cheval ; mais il marche plus lentement que ce dernier.

§. DLII. Un homme de médiocre grandeur, se tenant de bout, & élevant un fardeau de bas en haut autant qu'il peut l'élever, ou saisissant un fardeau à la plus grande hauteur, à laquelle il puisse atteindre, pour le porter au point le plus bas auquel ses bras puissent parvenir, ne peut transporter ce fardeau qu'à la distance de 4 pieds; lorsque ce même homme est appliqué à une corde qui passe sur la circonférence d'une poulie, il ne peut tout-au-plus faire parcourir à ses bras que l'espace de 2 pieds en tirant de haut en bas: & encore il n'agit pas alors commodément, ou, pour mieux dire, il travaille trop, & se fatigue promptement ; tandis que s'il ne tiroit à chaque fois que l'espace d'un pied, il agiroit plus commodément, il se fatigueroit moins, & agiroit plus long-tems. Il faut consulter là dessus les ouvriers qui sont employés à enfoncer en terre des pieux, ou à élever des fardeaux.

§. DLIII. Le célebre *Hée* (1) examina le premier la charge que porte l'axe d'une machine sur les coussinets sur lesquels elle roule, lorsqu'elle est en mouvement ; & il la détermina de cette maniere. Soit un treuil dont le rayon $c\alpha = a$ [*Tab.* 12. *fig.* 7.], la puissance mouvante A, le fardeau B, qui soit éloigné du centre du mouvement c de la quantité $c\beta$, qui soit = b; que le rayon de l'axe = c; que le poids de la machine entiere = M ; que le centre des forces soit à une distance du centre de gravité = d ; cela posé, on demande quelle pression supporte l'axe de cette machine, lorsque la puissance A la met en mouvement ?

Appellons π la pression que produit la puissance A lorsqu'elle met la machine en mouvement; la pression qui se fera sentir à la partie opposée β, sera $= \frac{\pi a}{b}$; parceque $b : a :: \pi : \frac{\pi a}{b}$; par conséquent la somme totale de la pression, abstraction faite du poids de la machine & de la corde $= \pi + \frac{\pi a}{b}$ $= \left(1 + \frac{a}{b}\right)\pi$.

(1) Philos. Transact, Vol. 49. part. 1. p. 1.

Que

Que la raison de la pression au frottement soit constamment comme 1 est à μ, le frottement sera $= \left(1+\frac{a}{b}\right)\pi\mu$; & le *moment* du frottement sera $= \left(1+\frac{a}{b}\right)\pi\mu c$.

Le *moment* du frottement, qui naîtra du poids de la machine, sera $=$ $Mc\mu$; laquelle quantité, étant ajoûtée à la premiere, donnera $\overline{1+\frac{a}{b}} \times \pi + M \times c\mu$: par conséquent le *moment* de la puissance $A = Aa - Bb - \overline{1+\frac{a}{b}} \times \pi + M \times c\mu$. Mais comme le *moment* de la force d'inertie $=$ $Aaa + Bbb + Mdd$, ou $=$ le quarré de la vîtesse $\times$ la masse, la force accélérative sera $= \frac{Aa - Bb - \overline{1+\frac{a}{b}} \times \pi + M \times c\mu}{Aaa+Bbb+Mdd}$.

Et pour trouver l'accélération du point α, ou de la puissance mouvante A, il faudra multiplier tous les termes par a, & on aura: $\frac{\left(Aaa - Bab - \left(\overline{1+\frac{a}{b}} \times \pi + M\right) ac\mu dt\right.}{Aaa+Bbb+Mdd} = dc$. Dans ce calcul, dt exprime l'élément du tems: dc signifie l'accroissement de la vîtesse.

Mais si la puissance A fût tombée librement, on auroit eu $\frac{A}{A} dt = dt$; & comme les accroissemens de la vîtesse en tems égal, qui surviennent au même corps, sont comme les forces génératrices, on aura $dt : dt - dc :: A$: la force qui engendre le décroissement de la vîtesse $dt - dc$, qui est la même que celle qui retarde la chûte du corps, qui bande la corde, & qui exerce sa pression sur le côté α; par conséquent, en substituant les valeurs, on aura l'analogie suivante:

$$1 : 1 - \frac{Aaa - Bab - \overline{1+\frac{a}{b}} \times \pi + Mac\mu}{Aaa+Bbb+Mdd} :: A : \pi;$$ de-là on aura $\pi =$

$$\frac{ABbb + AMdd + ABab + \overline{1+\frac{a}{b}} \times Aa\pi + MAac\mu}{Aaa+Bbb+Mdd.}$$

Par cette équation on trouvera, $\pi = \frac{ABbb + AMdd + ABab + AMac\mu}{Aaa+Bbb+Mdd - \left(1+\frac{a}{b}\right)Aa\mu.}$

Et $\pi \frac{a}{b} = \frac{ABab + AMdd\frac{a}{b} + ABaa + AM\frac{aac\mu}{b}}{Aaa + Bbb + Mdd - \left(1 + \frac{a}{b}\right) Aa\mu}$; & la preſſion totale

$$\varpi + \pi \frac{a}{b} = \frac{AB(\overline{a+b}^2) + AM(dd + ac\mu)\left(1 + \frac{a}{b}\right)}{Aaa + Bbb + Mdd - \left(1 + \frac{a}{b}\right) Aa\mu}.$$

Si on n'a point égard au frottement & au poids de la machine, la preſſion totale ſera $= \frac{AB\overline{a+b}^2}{Aaa + Bbb}$; & ſi on ſuppoſe, comme dans la poulie, que $a = b$, la preſſion totale ſera $\frac{AB\overline{a+a}^2}{\overline{A+B} \times aa} = \frac{4AB}{A+B}$.

§. DLIV. Nous avons démontré ci-deſſus [*Tab.* 12. *fig.* 8.], qu'un homme qui faiſoit tourner une roue, à l'aide d'une manivelle, agiſſoit avec des forces inégales : il eſt cependant très ſouvent néceſſaire que la roue qu'on fait tourner ſe meuve d'un mouvement uniforme : c'eſt pour parer à cet inconvénient qu'on augmente le poids de la roue ou du tambour, ou qu'on attache 3 ou 4 poids aux extrêmités de pluſieurs leviers fixés ſur l'arbre de la roue. Par-là le mouvement que l'homme communique à la machine, ſe diſtribue à une plus grande maſſe; laquelle, étant une fois en mouvement, ne perd pas aiſément le mouvement qu'elle a reçu, & le conſerve plus long-tems : il faut avouer néanmoins qu'une roue qui eſt ainſi chargée, éprouve un plus grand frottement, & qu'elle n'eſt pas ſi facile à mettre en mouvement, que ſi elle n'étoit pas chargée. Ainſi, lorſqu'on veut rendre le mouvement uniforme, il faut néceſſairement ſe trouver expoſé à d'autres inconvéniens.

§. DLV. Outre ce qne nous venons de dire ſur la Méchanique du mouvement, il y a encore bien des choſes à conſidérer lorſqu'on veut faire mouvoir des fardeaux à l'aide de différentes machines. Il faut pouvoir déterminer quelle doit être la puiſſance qu'il faut appliquer à une machine, pour lui faire produire l'effet qu'on en attend dans le plus petit tems poſſible, & avec la plus petite force qu'on puiſſe lui donner ; ou quel doit être le rapport de la puiſſance au fardeau, pour que cette puiſſance puiſſe mouvoir la machine & le fardeau, & qu'elle produiſe le plus grand effet poſſible dans un tems donné ; ou quelle machine il faut employer pour qu'une puiſſance donnée puiſſe faire mouvoir un fardeau avec une plus grande vîteſſe que toute autre machine, & l'élever à la plus grande hauteur ; ou qu'un fardeau ſoit mis en mouvement avec la moindre dépenſe de force que faire ſe peut.

Soit donc une puiſſance donnée, laquelle, étant appliquée à une machine, commence à vaincre le frottement, & à élever un fardeau : dans cette hypotheſe, le fardeau ne ſera élevé que très lentement, & il y aura une grande conſommation de tems. Si on diminue ce fardeau, alors la puiſſance le fera mouvoir avec plus de vîteſſe ; mais de combien le faut-il diminuer exactement, pour que cette même puiſſance puiſſe en porter tout

ce qu'elle en peut porter, & le faire mouvoir avec toute la vîtesse qu'elle peut lui communiquer: c'est ce qu'il faut déterminer; car il pourroit arriver qu'on l'allégît trop, & que la puissance ne produisît pas tout l'effet qu'on en peut attendre: il faut donc trouver le rapport du fardeau à la puissance, ou de la puissance à un fardeau donné. La solution de ces sortes de problêmes dépend, pour l'ordinaire, des différentes puissances qu'on emploie, & de la maniere dont elles agissent. En effet l'homme agit différemment qu'un cheval, ou que tout autre animal: le courant de l'eau, le vent, le feu, &c, toutes ces puissances agissent différemment. Toutes ces considérations donnent un champ immense à l'industrie des Méchaniciens, & elles demandent un travail pénible si on a dessein de perfectionner la Méchanique; parcequ'on n'a encore fait que très peu de recherches sur cette matiere. Il arrive souvent qu'une machine qui paroît ingénieusement imaginée, n'est qu'une mauvaise machine, & qu'elle ne produit point l'effet qu'on en attendoit.

Par exemple, soit une puissance qui puisse élever un fardeau, à l'aide d'un treuil; je demande quel doit être ce fardeau, pour que la puissance puisse produire son *maximum*; c'est-à-dire, pour qu'elle produise le plus grand effet possible dans le plus petit tems? Nous avons déja trouvé par le calcul, & nous avons démontré Chap. 9. que ce poids ne devoit être que $= \frac{4}{9}$ du poids que cette puissance peut tenir en équilibre. Supposons, avec le célevre *Parent*, qu'on ait une roue de meule de moulin à eau, laquelle est mise en mouvement par un courant d'eau qui heurte contre son aîle inférieure; si cette roue n'est point chargée, si elle n'éprouve aucun frottement, elle parviendra à acquérir une vîtesse égale à celle du courant de l'eau: mais si l'axe de cette roue est chargé, s'il éprouve du frottement, la vîtesse de la roue sera plus petite; & elle sera d'autant plus petite, que cette roue sera plus chargée.

Soit A B [*Tab.* 12. *fig.* 9.] vîtesse de l'eau qui coule, A C vîtesse de la roue qui est mise en mouvement par le courant de l'eau; lorsque le mouvement de cette roue sera devenu uniforme, alors C B représentera la vîtesse relative de l'eau, d'où dépendra le mouvement de la roue: par conséquent le poids que cette roue peut élever, lorsque son mouvement est devenu uniforme, doit être proportionné à l'action du fluide; c'est à dire, doit être comme le quarré ce C B. Soit donc multiplié ce quarré par A C, qui représente la vîtesse uniforme que la roue a reçue par l'impulsion de l'eau; alors l'effet que cette roue peut produire dans un tems donné, sera proportionnel à $AC \times \overline{CB}^q$. Supposons que C B soit divisé en deux parties égales au point D; alors on aura $AC \times \overline{CB}^q = AC \times 2\,CD \times 2\,BD = 4\,AC \times CD \times DB$: & par conséquent on aura le plus grand effet que puisse produire cette roue, lorsque $AC \times CD \times DB$, donnera le plus grand produit possible: or ce produit sera autant grand qu'il puisse être, lorsque les parties A C, C D, D B seront égales.

Si on décrit un demi cercle sur A D, comme diametre, & que la perpendiculaire C E touche le cercle au point E; alors $AC \times CD = \overline{CE}^q$, & on aura le plus grand produit possible, lorsque C sera le centre du cercle:

par conséquent A C × CD × DB pourra donner le plus grand produit, si AD est coupé au point C; mais CB est coupé également au point D: on a donc AC=CD, =DB. Par conséquent la vîtesse que la roue acquiert par l'impulsion de l'eau, doit être $= \frac{1}{3}$ de la vîtesse avec laquelle l'eau coule sur la roue. En faisant abstraction du frottement, cette roue agit avec tout l'avantage possible; & le poids qu'elle éleve, est à celui qui pourroit s'opposer au courant de l'eau, comme le quarré de CB, qui exprime la vîtesse relative de la roue & de l'eau, est au quarré AB, qui indique la vîtesse relative de la roue qui étoit en repos auparavant; c'est-à-dire, : : 2 × 2 : 3 × 3 : : 4 : 9: par conséquent, pour qu'une roue produise le plus grand effet qu'elle peut produire, elle ne doit pas être chargée plus des $\frac{4}{9}$ du poids qui pourroit résister à l'impulsion de l'eau courante.

Ce fut le célebre *Parent* (1) qui entra le premier dans ces sortes de détails, & qui détermina la vîtesse d'une roue qui est mise en mouvement par l'impulsion de l'eau, lorsqu'elle produit le *maximum* de son action.

Après lui le savant *Pitot* (2) démontra comment on pouvoit déterminer l'effort de l'impulsion d'une eau courante contre les aîles d'une roue, soit que cette impulsion se fît directement ou obliquement; plusieurs autres grands Mathématiciens joignirent ensuite leurs travaux à ceux des Savans dont nous venons de parler. *Maclaurin* (3) fit entrer le frottement en considération: *Euler* (4) nous donna encore d'excellentes choses sur cette matiere. *s'Gravesande* (5) examina toutes les machines, & nous donna des regles générales pour en supputer tout l'avantage. M. *Belidor* (6) mit à profit la découverte de *Parent*, & la détailla d'une maniere très claire; ainsi que le célebre *Martin* (7). Mais comme cette doctrine ne peut être entendue qu'à l'aide de la plus sublime géométrie, on ne peut pas la mettre à la portée des éleves; & c'est ce qui m'a déterminé à ne la pas donner dans des élémens, quelqu'utile qu'elle soit.

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1704, pag. 433.

(2) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1725, pag. 110. ann. 1727, pag. 69. ann. 1729, p. 359. & 540.

(3) Maclaurin; Treatise of fluxions Lib. 2. cap. 5. pag. 727. Philos. Discorver. Lib. 2. cap. 3. §. 25.

(4) Comment. Petropol. Vol. 10. Comment. Petropol. novi. Vol. 3.

(5) Physicæ Elem. Math. Lib. 1. cap. 21.

(6) Architect. Hydraul. Liv. 1. ch. 3. depuis la pag. 246. jusqu'à 249.

(7) Martin, Philos. Britan. p. 126.

CHAPITRE XI.

Du mouvement composé.

§. DLVI. On appelle mouvement composé celui qui résulte de plusieurs, qui concourent tous ensemble à mouvoir un mobile.

§. DLVII. Les différens mouvemens qui animent un mobile, peuvent conspirer les uns & les autres à le porter vers un même point, ou le déterminer vers des points diamétralement opposés les uns aux autres, ou enfin le solliciter à se mouvoir en même tems vers différens points.

§. DLVIII. Si les mouvemens rectilignes qui poussent, tirent, ou conduisent un mobile, conspirent ensemble, & tendent à le porter vers un même point; alors ce mobile, obéissant à tous ces mouvemens, se mouvera avec une vîtesse égale à la somme de toutes les vîtesses que chacun de ces mouvemens lui eussent séparément communiquée. En effet, soit un vaisseau, dont les voiles soient déployées; qu'il soit poussé, par l'action du vent, d'Occident en Orient; que le Pilote soit assis à la poupe de ce vaisseau: dans ce cas, il sera mû du même mouvement, & avec la même vîtesse que le vaisseau; que ce Pilote coure alors de la poupe à la proue, il sera alors animé d'un double mouvement, qui conspireront tous les deux au même but; l'un qu'il aura de commun avec le vaisseau, & l'autre qui lui sera propre: & la vîtesse du Pilote sera composée de sa vîtesse propre & de celle du vaisseau. Concevons maintenant que la mer se meut aussi, & que la direction de son mouvement soit d'Occident en Orient, & que, par ce mouvement, elle concoure à celui du vaisseau; alors celui qui porte le Pilote de la poupe à la proue, sera composé de ces trois mouvemens. Enfin si la terre se meut aussi d'Occident en Orient, le Pilote participera aussi à ce dernier mouvement; & son mouvement sera composé des 4 dont nous venons de parler: la vîtesse du Pilote sera donc égale à la somme de la vîtesse qu'il reçoit du mouvement que le vent imprime au vaisseau, de celle qu'il a par son propre mouvement, de celle que le mouvement de la mer communique au vaisseau, & en même-tems de celle avec laquelle la terre est emportée d'Occident en Orient.

§. DLIX. Si un corps est agité par des mouvemens contraires, sa vîtesse sera égale à la différence des vîtesses qu'on lui communiquera, selon ces directions opposées. Supposons un Pilote immobile dans un vaisseau que les vents portent d'Occident en Orient; que ce Pilote aille de la proue à la poupe, avec une vîtesse sous double de celle qui entraîne le vaisseau, la véritable vîtesse du Pilote sera égale à la moitié de celle du vaisseau: le mouvement du Pilote, dans cette occasion, est composé de son mouvement propre & d'un mouvement commun relatif.

§. DLX. Soit le corps A [*Tab.* 12. *fig.* 10.] abandonné à lui-même, & qui se meuve d'un mouvement uniforme, avec une vîtesse = A C, & selon une direction représentée par la même ligne A C; que ce même mobile soit en même-tems sollicité à se mouvoir selon la direction A B, de maniere que

sa vîtesse soit telle, qu'il puisse parcourir A B, d'un mouvement uniforme, dans le même tems qu'il parcourroit A C, s'il n'étoit animé que par l'action de la premiere puissance : ce mobile, soumis tout à-la-fois à l'action de ces deux puissances, parcourra la diagonale A D du parallélogramme A B C D, dont deux côtés désignent les directions A C & A B.

Supposons que A soit une fourmi, A C une regle sur laquelle elle se promene, qui soit divisée en parties égales e, g, i, o; que cette regle, ainsi que la fourmi qu'elle porte, soit transportée par une puissance quelconque, selon la direction A B, de façon que la regle demeure toujours parallele à elle-même; que la ligne A B soit pareillement divisée en parties égales aux points F, H, K, M, & que dans le même tems que la fourmi aura parcouru la partie A e de la regle A C, cette regle soit parvenue en F E : de sorte qu'à la fin du premier instant, la fourmi se trouve en E. Lorsque cette même fourmi, continuant à marcher sur la regle A C, aura parcouru la partie e g de cette regle; que cette même regle se trouve transportée en G H, à la fin du second instant la fourmi sera portée en G; qu'elle continue à descendre jusqu'au point i, où elle ne parviendra que lorsque la regle sera couchée sur la ligne K i; qu'elle aille de-là au point o, & que la regle se trouve alors en M o; enfin que la fourmi arrive en C dans le même tems que la regle répond à la ligne B D : alors on aura toujours trouvé la fourmi dans un des points de la diagonale qu'elle aura parcouru.

Voici outre cela la démonstration de la proposition que nous venons de mettre en avant.

Que la ligne A B soit divisée en un nombre quelconque de parties égales A F, F H, H K, K M, M B, & que la ligne A C soit divisée en même nombre de parties égales aussi entr'elles A e, e g, g i, i o, o C; ayant conduit la ligne B D, parallele & égale à A C, ainsi que C D égale & parallele à A B, outre cela la diagonale A D, dans le parallelograme A B C D : ensuite les droites F N, H P, K S, M Q, paralleles à A C; & enfin les droites e E, g G, i I, o O, paralleles à A B : la vîtesse du mobile mû de A en B, sera à celle par laquelle il sera transporté de A en C, : : A B : A C. Or la vîtesse du même mobile, porté de A en F, sera à celle avec laquelle il parviendra de A en e, : : A F : A e : : A B : A C. Parceque l'angle B A C = F A e, on aura le parallélogramme A e E F semblable, & semblablement placé que le parallelograme A B C D, construits l'un & l'autre autour de la même diagonale. Pareillement H A : A g : : B A : A C; donc la diagonale A G est la même que la diagonale A D, & ainsi de suite : par conséquent un corps, mis en mouvement par deux puissances telles que celles que nous venons d'indiquer, sera nécessairement mû selon la diagonale du parallélogramme A B C D, & tout autre corps libre qui sera soumis à l'action de semblables puissances, se mouvera de la même maniere, soit qu'il soit comprimé, tiré, ou poussé.

§. DLXI. Puisque la diagonale d'un parallélogramme est toujours dans le plan du parallélogramme, tout corps qui sera soumis à l'action de deux puissances, se mouvera toujours dans un plan qui passera par les directions des puissances.

§. DLXII. Comme la diagonale A D est toujours plus petite que la

somme des deux côtés A C, A B; tout corps tel que A, qui sera mis en mouvement par deux puissances; parcourra toujours un espace plus petit, que si ce corps avoit été mis en mouvement en différent tems par ces deux puissances.

§. DLXIII. Si les deux puissances qui animent un mobile demeurent constamment les mêmes, alors l'espace que parcourra le mobile dans un même tems, sera d'autant plus grand, que les directions selon lesquelles ces puissances agiront contre le mobile, s'accorderont davantage entr'elles; c'est-à-dire, qu'elles formeront entr'elles un plus petit angle vers le même côté : & au contraire l'espace que ce même mobile parcourra, sera d'autant plus petit, que les puissances qui le maîtriseront seront plus opposées, & qu'elles formeront un plus grand angle.

En effet, soient les directions A C & A B [*Tab.* 12 *fig.* 11.], le moblile A parcourra la diagonale du parallélogramme A D; mais si les puissances conspiroient davantage entr'elles, & que leurs directions fussent A γ, A B, le mobile parcourroit alors la diagonale A δ > A D (Euclid. Liv. 1. Prop. 24.); parceque l'angle A B δ > A B D. Enfin si les directions des puissances étoient représentées par les lignes A x & A B, le mobile parcourroit la diagonale A Δ < A D; parceque l'angle A x Δ < A C D.

§. DLXIV. L'espace A D, que le mobile parcourt lorsqu'il est sollicité à à se mouvoir par l'action simultanée de deux puissances, P & Q, est plus court; parceque ces puissances agissent contre ce mobile selon des directions en quelque façon opposées, sous quelque degré quelconque d'obliquité qu'elles pressent le mobile A, soit qu'elles forment entr'elles un angle aigu, un angle droit, ou un angle obtus : ce qu'on voit manifestement par l'inspection des figures [*Tab.* 12. *fig.* 12. 13. 14.].

En effet, la puissance P, agissant contre le corps A, selon la direction A B, & lui communiquant une vîtesse exprimée par la même ligne A B, la puissance Q, agissant en même-tems contre le même mobile, selon la direction A C, & lui imprimant une vîtesse désignée par la même ligne A C; ce mobile doit décrire la diagonale A D. Pour le démontrer, soit tirée du point B la ligne B G, perpendiculaire sur A D, & B H parallele à A D : cela posé, deux puissances qui tendroient à mouvoir le mobile, selon les directions & avec des vîtesses exprimées par les lignes B G & B H, lui feroient décrire la ligne B D. Soit aussi conduite du point C la ligne C E, perpendiculaire sur A D, & C F parallele à A D; deux puissances qui agiroient contre un mobile, selon la direction de ces deux lignes, C E, & C F, & qui lui communiqueroient des vîtesses égales à ces mêmes lignes, lui feroient parcourir la ligne C D : si on construit autour de ces lignes, B D, & C D, les parallélogrammes E C F D, G B H D, on aura C E = F D = G B = H D; & conséquemment les deux puissances exprimées par H D & F D, étant égales & diamétralement opposées, se détruisent totalement, & ne peuvent contribuer en rien au mouvement du mobile : il ne reste donc que les puissances exprimées par C F = E D, & B H = G D = A E; or D E + E A = D A, qui est l'espace que le mobile parcourt. On peut appliquer la même démonstration à la figure 14, dans laquelle on a A D = G E — G D — E A; mais G D est diamétralement opposé à E A, & lui est égal : par conséquent ces deux

quantités se détruisent mutuellement, & il ne reste que A D : par conséquent les puissances P & Q agissent en partie l'une contre l'autre avec des forces opposées ; ce qui leur fait perdre une partie des forces qu'elles auroient pu communiquer au mobile : il doit donc parcourir un espace plus petit que celui qu'il eût parcouru si ces deux puissances eussent agi solitairement contre lui en différens tems.

§. DLXV. On connoîtra la longueur de l'espace parcouru par un mobile, qui a été mis en mouvement par l'action simultanée de deux puissances, lorsqu'on connoîtra la vîtesse que ce même mobile reçoit de chaque puissance en particulier, & l'angle que les directions de ces deux puissances formeront entr'elles. Supposons que la vîtesse que le mobile reçoit de chaque puissance soit comme A B & A C [*Tab.* 12. *fig.* 12. 13.], & que l'angle formé par les deux directions de ces puissances soit P A Q, son complément à deux angles droits sera Q A B = A B D, compris entre les lignes données A B, A C, ou B D son égale ; par conséquent on peut parvenir à la connoissance de la longueur de A D, à l'aide de la trigonométrie : & voici la regle dont on se sert pour y parvenir. Comme la somme des deux côtés est à leur différence, de même la tangente de la demi-somme des angles cherchés est à la tangente de la demi différence ; cette demi-différence, étant ajoûtée à la demi somme, donne le plus grand angle : & étant soustraite de la demi-somme, donne le plus petit angle.

§. DLXVI. On connoîtra de la même maniere l'espace que parcourt un corps, & la vîtesse avec laquelle il le parcourt, lorsqu'il est animé par l'action simultanée de plusieurs puissances.

Pour parvenir à cette connoissance, il faut d'abord déterminer l'espace que doit parcourir ce corps, & la vîtesse qu'il doit avoir, étant mis en mouvement par deux de ces puissances seulement ; considérons ensuite l'action de ces deux puissances comme réunie en une seule, qui sera exprimée par la diagonale qu'on aura trouvée : on comparera l'action de ces deux puissances avec celle d'une troisieme ; d'où naîtra une nouvelle diagonale, qui représentera l'action des trois puissances dont nous venons de parler : & comparant ensuite de la même maniere chaque diagonale avec chacune des puissances qui resteront à examiner, la derniere diagonale qui naîtra de ces comparaisons, indiquera l'espace que doit parcourir, & la vîtesse que doit avoir le mobile qui sera mis en mouvement par le concours de toutes ces puisances.

En effet, si le mobile A [*Tab.* 12. *fig.* 15.] est mis en mouvement par l'action simultanée des deux puissances E & D, selon les directions & les vîtesses exprimées par A B & A G, il parcourra la diagonale A H ; mais s'il est en même-tems soumis à l'action de la puissance C, qui le dirige selon A F, avec une vîtesse égale à cette ligne, au lieu de décrire A H, il décrira A I : si on joint encore à l'action de ces trois puissances celle de la puissance M, dont la direction & la vîtesse sont exprimées par A K, le mobile parcourra la diagonale A L ; ainsi la ligne A L exprime l'espace que doit parcourir, & la vîtesse que doit avoir un mobile maîtrisé tout-à-la-fois par les puisances E, D, C, M.

On trouvera toujours la même chose ; c'est-à-dire, que le mobile parcourra

parcourra toujours la diagonale A L, soit qu'on fasse l'analyse de ces puissances en commençant selon l'ordre M, C, D, E, ou C, D, E, M, &c; & on pourra connoître, à l'aide de la trigonométrie, la longueur de la ligne A D, suivant la regle que nous venons de donner dans le paragraphe précédent.

§. DLXVII. Comme la ligne A B [*Tab.* 12. *fig.* 16.] peut servir de diagonale à plusieurs parallélogrammes différens les uns des autres; tels, par exemple, que A C B D, A E F B, &c. il est évident qu'un même mobile, étant maîtrisé par l'action de plusieurs puissances différentes les unes des autres, peut néanmoins décrire la même ligne avec la même vîtesse; car, étant poussé par deux puissances qui le détermineront selon les lignes A C, A D, il parcourra la ligne A B, & il parcourra encore cette même ligne s'il est mis en mouvement par deux autres puissances, qui agissent selon les directions A F & A E.

§. DLXVIII. Deux de ces puissances, prises à volonté, produiront toujours les mêmes effets; mais, en prenant deux de ces puissances, par exemple, A E & E B, si une des deux est déterminée, l'autre l'est aussi : parceque le triangle A E B est déterminé lorsqu'on a deux de ses côtés, tels que A B, A E, ou A B, B E, & l'angle compris entre ces côtés.

§ DLXIX. Puisqu'un corps, animé par plusieurs puissances, décrit une ligne droite, qu'il eût pû décrire s'il eût été poussé selon cette direction par une seule puissance, on pourra, à la place d'une seule puissance, en substituer plusieurs autres, qui auroient pu, par leur concours, lui faire décrire la même ligne, ou substituer une seule puissance à plusieurs autres; pourvu que la puissance qu'on substitue puisse produire le même effet que celles qu'on lui fait représenter : ainsi, à la place de la puissance P [*Tab.* 12. *fig.* 15.], qui détermine un mobile à se mouvoir selon la direction A H, on pourra prendre les puissances E & D; lesquelles, agissant selon les directions A B & A G, lui feront décrire la même ligne A H. Pareillement, à la place des puissances E, D, C, M, qui, par leurs concours, poussent le mobile A selon la direction A L, & lui font décrire cette ligne, on pourra prendre la puissance N, qui peut seule produire le même effet.

§. DLXX. On peut encore déterminer l'espace que parcourra le mobile A, [*Tab.* 12. *fig.* 17.], & la vîtesse avec laquelle il se mouvera, s'il est mis en mouvement par les puissances C, D, B, qui ne sont pas dans le même plan.

Si deux puissances C & B sollicitent le corps A à se mouvoir selon des directions & des vîtesses représentées par A F & A E, on pourra concevoir que ces deux directions gissent dans un même plan A E G F, dont la diagonale est A G. Que ce corps soit poussé par la puissance D, selon la direction A H : dans cette hypothese les deux puissances A G & A H gissent, à la vérité, dans le même plan, mais qui est différent du premier. Si on construit le parallélogramme A G H K, & qu'on tire la diagonale A K, cette ligne A K exprimera, & la vîtesse, & la direction du mobile qui est sollicité à se mouvoir par l'action simultanée des trois puissances que nous venons d'indiquer. Et si on construit un parallélipipede sur les trois directions A E, A F, A H, dans lequel on tire la diagonale A K, cette diagonale désignera la direction

& la vîteſſe du mobile, qui ſe prêtera à l'action des trois puiſſances B, D, C.

§. DLXXI. Si le corps C [*Tab.* 12. *fig.* 18.] eſt ſoumis à l'action de deux puiſſances, qui ne le font pas mouvoir ſelon un mouvement uniforme, mais variable, néanmoins proportionnel en tems égaux, & conſtamment ſelon les mêmes directions C D, & C A, ſelon leſquelles elles ont commencé à le déterminer; le mobile C continuera à ſe mouvoir ſelon la même ligne droite C B, dans laquelle il aura commencé ſon mouvement. Suppoſons que, dans le premier inſtant, une de ces puiſſances ſollicite le mobile à ſe mouvoir, ſelon la direction C D, de la quantité C E; dans le ſecond inſtant de la quantité E F; dans le troiſieme inſtant de la quantité F D: & que l'autre puiſſance ſollicite le même mobile à ſe mouvoir ſelon la direction C A, dans le premier inſtant de la quantité C G, dans le ſecond de la quantité G H; enfin dans le troiſieme inſtant de la quantité H A. Suppoſons maintenant qu'on ait la progreſſion ſuivante, C E : C G : : E F : G H : : F D : H A; on aura auſſi C E : C F : : C G : C H : : C D : C A. Des points E, F, D ſoient conduites des paralleles à C A, & des points G, H, A ſoient tirées des paralleles à C D; on conſtruira pour lors les parallélogrammes E C G I, F C H K, D C A B, dont les diagonales C I, C K, C B ſeront dans la même ligne droite : car, puiſque ces parallélogrammes ont un angle commun E C G, & que E C : C G : : F C : C H : : D C : C A, ils ſont tous conſtruits ſur le même diametre C B. Or un corps qui eſt mis en mouvement par des puiſſances qui le déterminent ſelon C E & C G, parcourt la diagonale C I; ce même corps, animé par les puiſſances C E + E F & C G + G H, doit parcourir la diagonale C K. Enfin ce même mobile, ſollicité à ſe mouvoir par les puiſſances propres à produire les mouvemens C E + E F + F D, & C G + G H + H A, doit parcourir la diagonale C B; & conſéquemment le mobile C ſera toujours dans la diagonale C B.

§. DLXXII. Cette différente maniere de conſidérer les puiſſances unies, ou qui agiſſent ſéparément les unes des autres, s'appelle *compoſition & décompoſition du mouvement*, dont l'uſage eſt indiſpenſablement néceſſaire pour juger des effets que produiſent les corps qui agiſſent obliquement contre d'autres corps. En effet ſi le corps A [*Tab.* 12. *fig.* 19.], parcourant la ligne oblique A B, vient choquer l'obſtacle H B, on pourra conſidérer la direction de ſon mouvement comme compoſée des deux directions A C, & ſelon laquelle il ne produit aucun effet contre lui & C B, ſelon toute l'intenſité de laquelle il agit contre cet obſtacle; que la vîteſſe du corps choquant ſoit A B, C B ſera la vîteſſe ſelon laquelle il choque l'obſtacle qu'il rencontre : & on aura A B : C B comme le ſinus total eſt au ſinus de l'angle B A C = A B H; mais A C eſt le ſinus de l'angle A B C, qui exprime la vîteſſe ſelon laquelle le corps A n'agit point contre l'obſtacle : ainſi ſuppoſons que la vîteſſe, déſignée par A B = 5, la force du corps choquant ſera = 25; que la vîteſſe exprimée par A C = 4, & que celle que repréſente C B = 3, toute la force de la percuſſion faite au point B, ſera = 9. L'utilité de cette doctrine ſert à déterminer l'action de différentes puiſſances qui ſe tirent, qui ſe compriment & qui ſe pouſſent.

§. DLXXIII. Pour en donner une légere idée, examinons ces cerſ-

volans ; que les enfans font élever dans l'air, à l'aide du vent.

Vers le milieu du bâton AB [*Tab.* 13. *fig.* 1.] est attachée aux points D & C une corde lâche DEC; si, à un des points de cette corde lâche, tel que E, on attache la corde EM, qu'on tient à la main : lorsque la premiere de ces deux cordes forme l'angle DEC de 54° 34',le vent souffle horisontalement contre ce cerf-volant,& le pousse obliquement avec beaucoup de violence. Soit tirée sur AB la perpendiculaire OH, qui exprime la direction & le mouvement du cerf-volant, & que ce mouvement OH soit décomposé en OP, parallele à l'horison, & PH perpendiculaire au même horison, OP exprimera la force avec laquelle le vent pousse horisontalement le cerf-volant; & PH exprimera la force avec laquelle il est élevé : plus le point E sera proche du point D, plus la ligne OP deviendra petite ; & c'est pour cela que le point E ne doit point être fixe, mais propre à s'approcher de D, selon la différente force avec laquelle le vent peut souffler : lorsque le vent souffle doucement, le point E peut être situé de maniere que l'angle DEC soit de 54° 34'; mais si le vent est violent, ce point E ne doit point demeurer dans la même position, sans cela, la force du vent briseroit la machine, ou romproit la corde EM. Il faut donc, dans ce cas, rapprocher le point E vers D; & c'est de cette maniere qu'on viendra à bout de diriger un cerf-volant, & qu'on n'aura point à craindre que le vent, quelque violent qu'il soit, le brise, ou rompe la corde : ou, si c'est un Physicien qui fasse usage de cette machine pour examiner les effets de l'électricité des nuës, c'est de cette même maniere qu'il doit s'y prendre, pour que le fil de fer EM demeure dans son entier.

Outre cela, il faut considérer trois puissances qui agissent contre un cerf-volant : 1°. la force du vent, 2°. le poids du cerf & de la queue qui y est attachée, 3°. la main M qui retient la corde : c'est pourquoi, si on tire LG perpendiculaire sur la corde, LN parallele à l'horison, ou perpendiculaire à la direction de la gravité, enfin GN perpendiculaire à la direction du vent, le triangle GLN qui en résultera, exprimera l'intensité de ces trois puissances. GL exprimera la fermeté de la corde, LN indiquera le poids du cerf-volant, & GN la force du vent; mais comme la corde est courbée dans toute sa longueur, sous l'effort de sa pesanteur, & que la courbe qu'elle représente est celle de la *chaînette*, la ligne GL sera de différente longueur, si on la tire sur tout point quelconque intermédiaire entre E & M. Il paroît aussi que l'effort que la corde a à supporter, est plus grand vers E que vers M; aussi lorsque cette corde cede à la force qui la tire, elle ne casse presque jamais vers le point M, mais dans un point intermédiaire.

§. DLXXIV. On peut entendre à présent comment il arrive que des vaisseaux, poussés par le même vent, suivent néanmoins différentes routes : soit le vaisseau AB [*Tab.* 13. *fig.* 2. 3. 4. 5.], que A en soit la proue, B la poupe, CDE la voile déployée, & qui est enflée par le vent, dont l'action soit déterminée par la perpendiculaire DG, laquelle se décompose en DF, perpendiculaire à AB, & en FG, parallele à AB : en tant que le vaisseau est porté selon la direction FG, il va en avant; mais en tant qu'il reçoit aussi un mouvement selon DF, il est poussé latéralement : cela posé, si l'eau

résistoit également contre toutes les parties du vaisseau, il s'avanceroit davantage selon la direction latérale qui l'anime ; mais il éprouve la résistance de l'eau, selon toute sa longueur AB, & il n'éprouve qu'une très petite résistance à sa proue A : & par conséquent il se meut plus aisément en avant. Pour augmenter la résistance de l'eau, qui se fait sentir à la partie latérale du vaisseau, on ajoûte des aîles à la partie latérale des petits bateaux ; lesquelles, rencontrant la surface de l'eau, selon toute l'étendue de leurs surfaces, font que le bateau se prête moins à l'impulsion qu'il reçoit, selon la direction DF, & qu'il ne dirige pas sa course selon FG, mais selon une toute autre direction, qui approche davantage de DL, & qui dépend de la plus grande, ou de la plus petite résistance qu'il éprouve latéralement.

Le degré d'obliquité, selon lequel on doit mettre à la voile, n'est pas une chose indifférente ; il est une certaine disposition des voiles plus favorable que toute autre, & qui fait que le vent les enfle d'une maniere plus propre à faire avancer le vaisseau : cette situation, dans la figure 2, est telle, que la *quille* BD doit former, avec la voile DE, un angle BDE de 19° 35′ ; & dans la figure 5, il faut que l'angle BDE soit de 54° 34′ : & dans la figure 3 & 4, l'angle BDE doit être de 35° 17′. On peut consulter là dessus *Pitot* (1) ; mais il y a outre cela plusieurs autres choses à considérer, lorsque le vaisseau est une fois en mouvement, & qu'on pourra apprendre dans *Maclaurin* (2).

§. DLXXV. On démontre de la même maniere comment le gouvernail peut conduire un vaisseau qui fait route. Soit le vaisseau AB [*Tab.* 13. *fig* 6.], qui se meut en avant, & dont CDG est le gouvernail, disposé obliquement pour frapper l'eau : c'est la même chose que si on considéroit le gouvernail comme immobile, & que l'eau vînt le frapper en sens contraire, selon la direction LD. Soit conduite la perpendiculaire DE sur le gouvernail CG, cette perpendiculaire exprimera l'impulsion de l'eau contre ce gouvernail ; mais ce mouvement, cette force, exprimée par DE, peut se décomposer en autres, DI, & IE : en vertu du mouvement DI, la partie postérieure du vaisseau est portée vers Z ; mais le mouvement qu'elle reçoit pour aller vers Z, est retardé par son mouvement selon IE. Or, en tant que la partie postérieure du vaisseau est mue selon la direction DI, la proue A est portée par un mouvement contraire vers X ; il se fait pour lors une espece de tournoyement au-dessus de l'endroit qui répond au centre de gravité, qui est dans l'intérieur du vaisseau : mais le vaisseau ne renverse pas pour cela ; parcequ'il avance en même-tems qu'il tourne.

§. DLXXVI. Soit maintenant un autre vaisseau AB [*Tab.* 13. *fig.* 7.], qui vogue par l'action des flots qui le poussent par la poupe, & qui heurtent contre le gouvernail CDG ; l'eau, dont le mouvement suit la direction LD, frappe le gouvernail, & le meut selon la perpendiculaire DE : or DE peut être décomposé en deux mouvemens ; savoir, DI & IE : en tant que le gouvernail est poussé selon DI, la partie postérieure du navire est portée vers X ; & la proue A, par cette même raison, est portée en sens

(1) Manœuvre des vaisseaux, Sect. 3. ou Tab. 3. (2) Treatise of fluxions, pag. 735.

contraire vers Z : & en vertu du mouvement, ſelon la direction I E, le vaiſſeau eſt pouſſé en avant.

§. DLXXVII. On peut encore déterminer quelle doit être la ſituation du gouvernail, pour que l'eau, agiſſant contre lui, avec toute la force poſſible, faſſe tourner le vaiſſeau. Que la ligne A P F [*Tab.* 13. *fig.* 8.] repréſente le gouvernail du vaiſſeau A H : ſuppoſons que ce gouvernail ſoit ſitué obliquement ſelon la direction P F, afin que l'eau agiſſe contre lui ſelon la direction E C : ſuppoſons maintenant que C E ſoit le rayon ou le ſinus total ; alors F E ſera le ſinus de l'angle d'incidence, & conſéquemment la force de l'eau qui agira contre le gouvernail, ſera $= \overline{FE}^q$; que F E ſoit donc décompoſé en deux puiſſances, ſavoir, F D & D E, dont l'une, D E, ſera parallele à la direction du vaiſſeau ; & l'autre, D F, ſera oppoſé au mouvement du même vaiſſeau : il eſt conſtant, dans cette hypotheſe, que ce ſera la ſeule puiſſance D F qui fera tourner le vaiſseau ſur lui-même. Or $EF : FD :: CE : CF :: CE \times \overline{EF}^q : CF \times \overline{EF}^q :: \frac{CE \times \overline{EF}^q}{CE} : \frac{CF \times \overline{EF}^q}{CE} :: \overline{EF}^q : \frac{CF \times \overline{EF}^q}{CE}$.

Suppoſons maintenant que $CE = a$, que $CF = x$, $\overline{FE}^q = aa - xx$; donc $\frac{CF \times \overline{EF}^q}{CE} = \frac{aax - x^3}{a}$. Soit priſe la différentielle de cette derniere quantité, qui ſera $\frac{aadx}{a} - \frac{3xxdx}{a} = 0$, afin d'avoir le *maximum*, on aura $\sqrt{\frac{aa}{3}} = x$. Parceque a eſt égal au rayon,

Le logarithme de a a = ...	20,0000000.
Si on en ſouſtrait le logarithme du n° 3 = .	0 477121.
Le reſte ſera	19,522879.
Lequel, étant diviſé par 2, = ...	9,761439.

Ce dernier nombre eſt le logarithme de l'angle de 35° m' 16, dont le complément eſt l'angle d'incidence E C F = 54° 44 m' ; par conſéquent l'eau agit avec toute la force poſſible contre le gouvernail, quand elle le frappe ſous un angle de 54° 44 m'.

Mais *Bouguer* (1) a donné une autre formule, ſuivant laquelle l'angle, formé par la quille & le gouvernail, eſt de 46° $\frac{2}{7}$, afin d'avoir le *maximum* de l'action de l'eau ; parcequ'il faut faire attention au mouvement curviligne de l'eau, qui s'éleve vers la quille & la poupe.

§. DLXXVIII. D'après ce même principe, on explique l'effet du pont flottant, dont on fait un fréquent uſage ſur les fleuves qui ſont très larges, tels que le *Rhin*. A B [*Tab.* 13. *fig.* 9.] eſt une ancre qu'on jette au fond du

(1) Manœuvre des vaiſſeaux, pag. 280. & 325.

fleuve ; à cette ancre eſt attachée la corde qui la dirige, laquelle eſt placée ſur de petites barques C, D, E, F, auxquelles elle eſt fixée à des diſtances égales, afin qu'elle ſe tienne toujours ſur l'eau : cette corde enfin eſt attachée au plancher G d'un ample bateau ; le gouvernail HIKN eſt ſitué à la poupe, ainſi que dans les vaiſseaux ordinaires. Soient maintenant les deux digues PQ, PQ, qui ſervent à rétrecir le lit du fleuve, afin que l'eau coule avec plus de vîteſse, & frappe plus rudement le gouvernail IN, incliné vers la rive R ; l'eau, dans cette hypotheſe, agit ſelon la direction KL, qu'il faut décompoſer en KM & ML : en tant que le gouvernail eſt frappé ſelon la direction KM, il eſt porté vers la rive S, en parcourant l'arc RS ; & en tant qu'il eſt pouſsé ſelon la direction ML, il ſeroit emporté par le courant du fleuve, s'il n'étoit retenu par l'ancre : & c'eſt de cette façon que le vaiſseau G va de la rive R à la rive S. Lorſqu'il eſt parvenu à la rive S, ſi on tourne le gouvernail en ſens contraire, de ſorte que le point H réponde au point V, l'eau, coulant alors le long du côté T du vaiſseau, & frappant le gouvernail, pouſse le vaiſseau vers la rive oppoſée R : c'eſt pour cela qu'on nomme ce pont, un pont flottant, qu'on forme quelquefois en joignant enſemble deux vaiſseaux, afin que le plancher ſoit plus large, & qu'il y ait moins de riſques à courir dans le trajet.

§. DLXXIX. C'eſt de cette maniere que la fumée, que le feu, font mouvoir les corps qu'ils choquent obliquement. Soit AB [*Tab.* 13. *fig.* 10.] un léger cerceau, ſur les bords duquel ſoient attachés de petits cartons, diſpoſés obliquement, & qui concourent tous vers le point C, comme vers le centre de la machine ; que ce centre ſoit de cuivre creuſé en queue d'aronde, & placé ſur la pointe d'un ſtilet de fer très délié, qui ſoit établi ſur un pied DE, attaché ſur une baſe ſolide EH, ſur laquelle on place une chandelle allumée L, dont la flamme F fait beaucoup de fumée ; cette fumée, en s'élevant, frappe obliquement les bandes de carton, & les pouſse ſelon la direction AMB : & par ce moyen elle fait mouvoir circulairement le cerceau. On place quelquefois dans les cheminées de ſemblables machines, mais plus grandes, faites de fer léger ; & on les place à la diſtance de 8 à 10 pieds du feu : on enveloppe le cerceau avec une corde qu'on fait paſser ſur des poulies de renvoi, pour venir embraſser celle qui eſt creuſée ſur un diſque de bois, dans lequel eſt fixée une broche, que le mouvement du cerceau fait tourner, ainſi que les viandes qu'on veut faire rôtir : la vîteſse avec laquelle cette broche tourne, dépend de la quantité du feu & de la fumée qu'on fait dans le foyer de la cheminée.

§. DLXXX. Si trois puiſsances A, B, C [*Tab.* 13. *fig.* 11.] agiſsent, ſoit en tirant, ou en preſsant contre le même même point D, chacune ſelon une direction particuliere, & qu'elles ſoient en équilibre entr'elles, la valeur de ces puiſsances ſera comme les trois droites DG, GE, DE, paralleles aux directions des puiſsances, & qui forment, par leur concours, le triangle DGE, ou DEF. En effet, ſi, dans le même tems que la puiſsance B eût communiqué au point D une force ſuffiſante pour aller de D en G, la puiſsance C eût communiqué à ce même point une force pour parvenir de D en F ; alors le point D eût décrit la ligne DE, diagonale du parallélogramme GEFD ; par conſéquent, pour que la puiſsance A tienne en

équilibre les deux autres puiſſances, B & C, & que le point D demeure en repos, il faut que cette puiſſance A ſoit telle qu'elle puiſſe, dans le même tems, mouvoir le point D de la quantité E D; car les puiſſances qui agiſſent toutes contre un même obſtacle, ſont entr'elles comme les vîteſſes qu'elles communiquent à ces obſtacles (§. 257). Ainſi la puiſſance A ſera comme DE, la puiſſance B comme DG, la puiſſance C comme DF = GE; & par conſéquent le triangle E G D exprimera le rapport de ces puiſſances. Nous trouverons la même choſe, de quelque maniere que nous examinions le rapport de ces puiſſances; car, en commençant cet examen par les puiſſances C & A, nous aurons C = DF, & A = A D = FH : achevant alors le parallélogramme F D A H, & prolongeant B D juſqu'en H, on aura la puiſſance B = DH = E F = D G. Maintenant, en conſidérant d'abord les deux puiſſances, B, & A, & produiſant C D juſqu'en L, & achevant le parallélogramme G D A L, on aura D L = GE = DF.

§. DLXXXI. Le ſinus de l'angle A D B = B D E, eſt E G; celui de l'angle A D C = E D F = D E G, eſt G D : enfin le ſinus de l'angle B D C = E G D eſt E D; & par conſéquent la puiſſance B : A : : le ſinus de l'angle A D C eſt au ſinus de l'angle C D B; & A : C : : le ſinus de l'angle C D B eſt au ſinus de l'angle B D A : c'eſt-à-dire, les puiſſances ſont entr'elles comme les ſinus des angles qui ſont formés par les directions des puiſſances oppoſées.

§. DLXXXII. La grandeur de trois puiſſances, qui doivent être en équilibre entr'elles, étant donnée, trouver la direction de ces puiſſances?

Pour réſoudre ce problême, prenez trois lignes proportionnelles aux grandeurs données, dont vous formerez le triangle G E D [*Tab.* 13. *fig.* 11.]; du point D conduiſez les lignes D F, D A, paralleles aux côtés G E, E D, & les directions ſeront D B, D C, D A.

§. DLXXXIII. Deux points fixes, A, & B [*Tab.* 13. *fig.* 12.], de différente hauteur, étant donnés, auxquels une corde lâche A C B eſt attachée; & étant pareillement donné un poids P, ſuſpendu à une autre corde C P, attachée en C à une poulie, trouver le point C de la corde A C B, auquel la poulie & le poids deſcendront.

Solution. Joignez enſemble le point A & le point B par la ligne A B; du point B, qui eſt le plus bas des deux, deſcendez B H, perpendiculaire à l'horiſon : du point A, comme centre, & d'un rayon dont la longueur ſoit égale à celle de la corde A C B, décrivez un arc de cercle qui coupe la perpendiculaire B H en un point tel que H; & de ce point H au point A, conduiſez la droite H A : du point G, milieu de la perpendiculaire B H, menez G L, parallele à l'horiſon, qui coupe la droite A H au point C; ce point d'interſection C ſera le point cherché. Que le poids P ſoit donc ſuſpendu au point C, auquel ſoit amenée la ligne B C; prolongez alors P C juſqu'en D, & du point D tirez la ligne D F parallele à A C : tirez encore, du même point, D E parallele à B C.

Comme les points A & B, en tant qu'ils réſiſtent, peuvent être conſidérés comme des puiſſances qui tirent également, & qui ſont exprimées par les lignes D E & D F, égales entr'elles; la diagonale C D, du parallélogramme équilatérale D E C F, coupera en deux parties égales l'angle E C F. (la figure n'eſt pas exacte).

Maintenant, par la construction, dans les triangles B G C, H G C, on a le côté BG = HG. CG = CG, l'angle droit B G C = H G C; & par conséquent CB = CH. D'un autre côté A C + C H = la longueur de la corde; par conséquent C D exprime la valeur du poids P, E C la valeur de A, & C F la valeur de B.

§. DLXXXIV. Si les point A & B étoient rangés dans la même ligne horisontale, le point D seroit placé au milieu de la ligne A B; & on auroit A C = C B : mais plus la hauteur de A, comparée à celle de B, sera grande, & plus le point C sera proche de BH.

§. DLXXXV. Soit la corde A C D B [*Tab.* 13. *fig.* 13.], fixée aux points A & B; aux points intermédiaires C & D, éloignés à quelque distance l'un de l'autre, soient suspendues deux cordes CH, DG, aux extrêmités desquelles soient attachés des poids: on pourra déterminer la valeur de ces poids. Pour cela faire, soit prolongé A C jusqu'en G; on aura alors trois puissances en A, D, H, qui seront en équilibre. Si on prolonge B D jusqu'en H, on aura encore trois puissances, B, C, G, qui seront en équilibre; & on aura la puissance A = C G, la puissance D = D C, la puissance H = D G : pareillement la puissance B = D H, la puissance C = D C, la puissance G = C H.

Et conséquemment on aura A : B : : C G : D H

G : H : : C H : D G.

§. DLXXXVI. On peut encore déterminer la valeur de trois puissances par des lignes droites perpendiculaires sur les trois directions, & qui forment un triangle par leur concours.

Soient les trois puissances A B C [*Tab.* 14. *fig.* 1.] en équilibre entr'elles, & dont les directions concourent au point D; soit construit le triangle D P Q par des paralleles aux directions des puissances : soient ensuite menées trois perpendiculaires P E, P G, E G sur les directions de ces puissances, & qu'elles passent par les points D, P; on aura le triangle E P G, semblable au triangle P D Q : puisque l'angle P D G est droit, & que D L est perpendiculaire sur P G, on aura l'angle P D G = P D Q; & l'angle D E P, = P D H, = D P Q : donc on aura E P G = P Q D; & par conséquent les deux triangles E P G, D Q P sont semblables : on aura donc D Q : Q P : : G P : P E, & Q D : D P : : P G : G E; & conséquemment P G exprimera la valeur de la puissance C, P E celle de B, & E G la valeur de A. Cette proposition est d'une grande utilité pour déterminer les grandeurs de trois puissances qui sont en équilibre, pourvu que les perpendiculaires conduites sur les directions des puissances, forment un triangle, comme il paroîtra évident par les exemples suivants.

§. DLXXXVII. Soit le levier A C B [*Tab.* 14. *fig.* 2.], dont le point d'appui est en C. Que les puissances P & S soient en équilibre entr'elles; que les directions de ces puissances soient prolongées jusqu'à ce qu'elles se rencontrent en un point commun D : du point C soit élevée au point D la ligne C D; soit ensuite conduite CF, parallele à D B, & C E parallele à D A, & C M perpendiculaire sur D B : enfin L O perpendiculaire sur D C. Cela posé, on aura l'angle F D C = L C A = C L O. L'angle C D E, = B C M, = C M O

C M O; par conséquent l'angle DF C = LC M : on aura donc D F : F C : : LC : C M, & D F : D C : : C L : L M; & conséquemment la puissance P sera = L C, & la puissance S = C M, & la puissance du point d'appui = L M. C'est ainsi qu'on détermine les trois puissances qui existent réellement dans la balance, le levier, la poulie, le treuil, le plan incliné : nous n'en avons déterminé que deux dans le Chap. 8. sur la Méchanique, maintenant nous en considérons trois.

§. DLXXXVIII. Si le levier est disposé comme C B A [*Tab.* 14. *fig.* 3.], contre lequel les puissances agissent selon des directions obliques A E, & B H, on pourra déterminer la troisieme puissance, celle qui soutient le point d'appui. Que le mouvement A E soit décomposé en deux mouvemens, A D perpendiculaire au levier, & A F ou D E parallele au même levier; de sorte qu'on ait C B : C A : : A D : B G. Les deux puissances opposées B G, & A D, qui agissent sur les points B & A du levier, seront en équilibre : mais le point d'appui C sera pressé par les deux mouvemens G H, & A F, auxquels, si on fait H K égale, cette derniere ligne exprimera la puissance qu'on cherche pour soutenir le point d'appui; mais si la puissance qui est appliquée en A, eût agi selon la direction A M, le point d'appui C eût été tiré, avec une force égale, à droite & à gauche : cela arrivera si C A, étant prolongé jusqu'en L, on a A L = G H; & qu'ayant construit le parallélogramme D A L M, on tire la diagonale A M. Comme dans cette hypothese les trois puissances ne concourent point en un point commun, il falloit les déterminer d'une autre maniere; savoir, par la décomposition du mouvement, ainsi que je voulois le démontrer.

§. DLXXXIX. Soit la poulie T [*Tab.* 14. *fig.* 4.], à la châsse de laquelle est suspendu le poids P; soient aussi les deux puissances A, & B, qui tirent obliquement la corde C G H E, & qui soutiennent la poulie & son poids : cette construction étant donnée, on demande quelle est la valeur des trois puissances A, B, P?

Pour résoudre ce problême, soit tirée C D perpendiculaire à la corde A G, & D E perpendiculaire à la corde B H, enfin C E perpendiculaire sur la direction du poids P. Les trois côtés du triangle D C E exprimeront la valeur des trois puissances, & on aura A = C D, B = D E, P = C E; si ces deux puissances A & B étoient paralleles, elles seroient égales entr'elles, & égales à la moitié du poids P & de sa poulie.

§. DXC. Soit un plan incliné A B [*Tab.* 14. *fig.* 5.], sur lequel soit placé le poids C, soutenu par la puissance P; on trouve encore trois puissances dans cette construction. 1°. le plan qui soutient en G le poids C, qui agit contre lui selon la direction C G. 2°. La pesanteur du poids C, qui le détermine selon la ligne C K, perpendiculaire à l'horison A D. 3°. La puissance P, qui agit contre le poids C, selon la direction C P. Or, ayant conduit trois perpendiculaires sur les trois directions que nous venons d'indiquer; savoir, O A, sur la direction G C du plan, D O sur la direction C P de la puissance, & A D sur la direction C K de la gravité : on aura le triangle O D A, dont le côté D A représentera le poids, le côté O A l'action du plan incliné; enfin O D la valeur de la puissance P.

Dans cette construction, on aura D O, sinus de l'angle O A D, que le

plan O A forme avec l'horiſon A D ; on aura D A , ſinus de l'angle D O A, ou D O B, qui eſt le même que le ſinus de l'angle A O S, qui eſt co-ſinus de l'angle que forme avec le plan A B la direction de la puiſſance P : par conſéquent la puiſſance P, qui ſoutient le poids C ſur le plan incliné, eſt au poids de ce corps, comme le ſinus de l'angle, formé par le plan incliné avec l'horiſon, eſt au co-ſinus de l'angle que la direction de la puiſſance fait avec le plan incliné. L'angle S O A décroît à proportion que l'angle O A S augmente ; de là D S tombera ſur D A, & ſe confondra avec elle, lorſque l'angle P A O ſera droit. Suivant que le corps C ſera placé ſur un plan A B, différemment incliné, & qu'il ſera ſoutenu par une puiſſance P, qui agira toujours dans une direction parallele à celle du plan, l'action de la puiſſance P, ainſi que celle du plan A B, ſeront différentes. En effet ſi B A ſe confond avec la ligne parallele à l'horiſon D A, l'action du plan ſera égale à la peſanteur du poids, & la puiſſance P ſera nulle ; c'eſt-à-dire, le plan ſoutiendra toute la peſanteur du poids C, & la puiſſance P n'aura rien à ſoutenir : mais à proportion que le plan A B s'élevera & s'inclinera ſur D A, l'action du plan deviendra plus petite, & celle de la puiſſance P croîtra ; parceque l'action de la puiſſance P eſt toujours au poids du corps C, comme le ſinus de l'inclinaiſon du plan ſur l'horiſon, eſt au ſinus total, & l'action du plan comme le co-ſinus de l'inclinaiſon du plan ſur l'horiſon.

§. DXCI. Nous avons déterminé (§. 463) la valeur de la puiſſance qui pouſſe un coin, lorſque la fente ne devance point le tranchant du coin ; mais dans le cas où la fente E D F [*Tab.* 14. *fig.* 6.] devanceroit le tranchant du coin A B C, voici la maniere de déterminer la puiſſance qu'il faut appliquer au dos du coin : les deux côtés de la fente D E, & D F agiſſent ſous les directions E B, & F A, perpendiculaires ſur D E & D F ; en formant donc le parallélogramme E M F O, & joignant O & M, par une perpendiculaire ſur la direction de la puiſſance qui preſſe le dos du coin, on aura le côté O M du triangle E O M, qui exprimera la grandeur de la puiſſance qu'il faut appliquer au dos du coin : puiſque O E, ou E M, repréſente la réſiſtance de chaque côté du corps qu'on veut fendre.

§. DXCII. Soit un levier diſpoſé de maniere qu'il puiſſe ſe mouvoir librement à droite & à gauche, de haut en bas, ainſi que de bas en-haut ; ſoient ſuſpendus à ce levier les poids E, G, I [*Tab.* 14. *fig.* 7.], & que tout cet appareil ſoit ſoutenu par les poids, ou par les puiſſances qui agiſſent de bas en-haut M, L, de façon que ce levier ſoit en repos, & que toutes les puiſantes agiſantes ſoient en équilibre entr'elles. Si on veut connoître la grandeur de chacune de ces puiſances, il faut décompoſer leurs tractions obliques. Ce cas très curieux a été propoſé par M. *Bouguer* (1) ; & je n'ai pas cru devoir l'omettre.

1°. Le poids I agit de haut en-bas, ſelon la direction oblique B H ; cela poſé, que B Q exprime l'action totale de ce poids, il faut décompoſer B Q en B R, parallele au levier, & en B S, perpendiculaire au même levier : & ſi on conſtruit enſuite le parallélogramme B R Q S, on trouvera que le levier eſt tiré à droite, avec une force = B R.

(1) Manœuvre des vaiſſeaux, Liv. 1. Leç. 1. chap. 5. p. 37.

2°. Le poids M agit ſelon la direction oblique N O; que N O exprime donc l'intenſité du poids M, de même que B Q exprime celle du poids I : il faut décompoſer N O en N T & T O, & conſtruire le parallélogramme N T O V, & on trouvera que le poids M tire le levier de gauche à droite, avec une force = N T; & par conſéquent il eſt déterminé vers ce côté par les puiſſances I & M, avec des forces = B R + N T. Il faut donc que celles qui tendent à le faire mouvoir en ſens contraire, de droite à gauche, ſoient égales à celles que nous venons de trouver, pour qu'il y ait équilibre entre les puiſſances, & que le levier demeure en repos.

3°. Le poids E tire le même levier ſelon la direction oblique C K; que C K exprime donc toute l'intenſité du poids E, & que C K ſoit décompoſé en K Y & K X : pour lors, ayant achevé le parallélogramme Y C K X, le levier ſera tiré de droite à gauche, par le poids E, de la quantité C Y.

4°. Le poids L agit contre ce levier ſelon la direction oblique A P; laquelle, étant décompoſée en A Z & Z P, & le parallélogramme A Z P W, étant conſtruit, donne l'effort du poids L pour tirer le levier de droite à gauche = A W.

Par conſéquent ſi B R + N T = C Y + A W, le levier demeurera en repos, & ne pourra ſe mouvoir, ni à droite, ni à gauche.

Mais il faut encore, outre cela, que B S + F U + Y K = N V + A Z; parceque, dans ce cas, le levier ſera tiré avec des forces égales de haut en-bas, & de bas en-haut. F V exprime la force avec laquelle le poids G tire le levier de haut en-bas.

5°. Comme les puiſſances, dont il eſt ici queſtion, agiſſent ſur différens points du levier, il faut conſidérer le *moment* de chacune : c'eſt pourquoi il faut imaginer un point qu'on pourra conſidérer comme fixe, ou comme le point d'appui de la machine : or, comme le poids G agit contre le levier directement, & en ligne droite, on pourra prendre le point F pour le point fixe qu'on cherche.

Par conſéquent l'action directe & perpendiculaire du poids I, étant exprimée par B S, & ſe faiſant ſentir à la diſtance F B du point d'appui, le *moment* de ce poids, pour tirer le levier de haut en bas, ſera = B S × F B.

La puiſſance M, agiſſant en ſens contraire à la diſtance F N, avec une maſſe = N V, ſon *moment* ſera = N V × F N.

Ces deux *momens*, qui exercent tout leur effort contre une des extrêmités du levier, doivent équivaloir aux deux autres qui agiſſent ſur l'extrêmité oppoſée du même levier. Le *moment* de la puiſſance E, qui agit de haut en-bas, = X C × C F; le *moment* de la puiſſance L, qui agit de bas en-haut, = A Z × A F : par conſéquent, pour qu'il y ait équilibre, il faut qu'on trouve cette équation, B S × F N — N V × F N = A Z × F A — C X × F C.

§. DXCIII. On a le *maximum* de l'action d'une puiſſance, jointe à celle d'un plan incliné, qui ſoutiennent conjointement un corps, lorſque le plan fait avec l'horiſon un angle de 45°.

Soit le plan incliné A B [*Tab.* 14. *fig.* 8.], formant avec l'horiſon un angle de 45 degrés B A D; ſoit conduite la perpendiculaire B D = D A : que cette derniere ligne ſoit prolongée juſqu'en E, de façon que D E = B D; on

aura alors E D + D A, égal à la ſomme de l'action de la puiſsance & du plan. Que du point A, comme centre, & d'un rayon = A B, on décrive un arc de cercle; enfin qu'on joigne le point E & le point B par la ligne B E, on aura le triangle iſocele E B D rectangle, & l'angle E B D de 45 degrés: mais, par la ſuppoſition, l'angle A B D eſt auſſi de 45 degrès; donc l'angle E B A eſt un angle droit, & la ligne E B eſt une tangente. Suppoſons maintenant que la hauteur du plan ſoit différente, telle que β δ; ſoit conduite β ε, parallele à B E, on aura le triangle β ε δ iſocele, & ε δ = β δ; par conſéquent ε δ + δ β, exprimera la ſomme des actions de la puiſsance & du plan, qui ſoutiennent conjointement le poids: mais ε B tombe en-dedans de E β; donc, dans ce cas, la ſomme de l'action de la puiſsance & du plan, eſt plus petite que dans le précédent. On démontrera la même choſe de la même maniere, ſi le plan eſt incliné comme b A; d'où il ſuit que le *maximum* de l'action d'une puiſsance, jointe à celle d'un plan incliné, qui ſoutiennent conjointement un poids, ne ſe trouve que dans l'hypotheſe que l'inclinaiſon du plan eſt telle, que ce plan forme, avec l'horiſon, un angle de 45 degrés.

§. DXCIV. Soit le corps C [*Tab.* 14. *fig.* 9.] entre deux plans inclinés, tels que A B, & D B; on trouvera encore dans cette diſpoſition trois puiſſances qui ſeront déterminées par le triangle E B G, dont les côtés ſont perpendiculaires ſur les directions des puiſsances E G ſur la direction C L de la gravité E B, ſur la direction H C; enfin B G ſur la direction K C.

§. DXCV. Puiſque les deux côtés E B, & B G du triangle ſurpaſsent E G en longueur, l'action du corps C ſur les deux plans A B, & B D, ſera plus grande que l'action de ſa peſanteur.

2°. Plus les plans A B, & B D ſeront inclinés, plus l'action du corps C ſera grande contre eux.

3°. Si les deux plans, étant également inclinés, forment entr'eux un angle A B D de 60 degrés, l'action du corps C contre ces deux plans, ſera double de celle de ſa peſanteur.

4°. Si les deux plans A B, & B D forment un angle A B D de 90 degrés, l'action de C, contre les deux plans, ſera à celle qui vient de ſa peſanteur, comme les deux côtés d'un triangle rectangle ſont à l'hypothenuſe du même triangle.

5°. Si le plan B D eſt perpendiculaire, l'angle E G B ſera droit, & l'action du plan B A ſera au poids du corps C, comme le ſinus total eſt au ſinus de l'angle E B D, que le plan B A forme avec le plan D B; & l'action du plan B D, ſera comme le ſinus de l'angle G E B = E B M, que l'autre plan B A fait avec l'horiſon.

§. DXCVI. Soit le levier recourbé A C B [*Tab.* 14. *fig.* 10.], dont le point d'appui eſt en C; ſoit ſuſpendu au point B le poids P, & au point A le poids Q: ſoit menée la ligne P D, qui exprime la direction de la gravité du poids P; & ſoit prolongée la ligne A C juſqu'en D: pour qu'il y ait équilibre entre ces deux poids, il faut qu'on ait la proportion ſuivante, P : Q :: A C : C D. Suppoſons maintenant un obſtacle immobile, diſpoſé verticalement, tel que F G, & que le poids P ſoit placé ſur le levier C B; afin qu'il puiſſe abaiſſer ſous lui le même point du levier, qu'il tiroit à lui de

haut en-bas dans l'hypothese précédente : pour lors le poids P, appliqué sur le levier, agira beaucoup plus puissamment que dans le premier cas ; & il faudra augmenter le poids Q pour conserver l'équilibre entre P & Q : car, dans cette derniere hypothese, le poids P est soutenu par deux plans E G, & F G. Supposons que E F soit perpendiculaire sur la direction de la gravité ; dans cette hypothese l'action du poids P, contre ces deux plans, est exprimée par les droites E G, & F G, & la pesanteur du poids P par la droite EF : & comme le plan C G est mobile, & que le plan FG est immobile, l'action totale du poids P sur le point B, est à la pesanteur de P, comme E G + F G est à E F ; par conséquent le contre-poids Q, qui doit faire équilibre au poids P, doit être considérablement augmenté, & d'autant plus, que E G + F G surpasseront davantage E F.

Autre démonstration. Du centre de gravité du poids P [*Tab.* 14. *fig.* 11.] soit abaissée la perpendiculaire P E, qui exprime la gravité du corps P ; soit aussi conduite sur le levier C E la perpendiculaire P F, ainsi que la perpendiculaire P D sur l'obstacle immobile G L : soit enfin achevé un parallélogramme, tel que F P D E, dont P E soit la diagonale. En tant que le poids P agit selon les directions P F & P D, il produit le mouvement P E ; mais parceque l'effort P D est totalement détruit par l'obstacle G L, le poids P agit selon la direction P F, avec une force représentée par cette même ligne P F : & par conséquent le *moment* du poids $P = PF \times CB$, qui doit être égal à $Q \times AC$. Or, pour pouvoir déterminer la force exprimée par P F, il faut considérer les triangles semblables C H B, & P E F, qui donnent la proportion suivante ; $CB : CH :: PF : PE =$ la pesanteur de P ; donc $PF = \frac{P \times CB}{CH}$: mais comme le *moment* de P est $= PF \times CB$, ce même *moment* $= P \times \frac{\overline{CB}^q}{CH} = Q \times AC$; & conséquemment $P \times \overline{CB}^q = Q \times AC \times CH$, ou bien $P : Q :: AC \times CH : \overline{CB}^q$.

Plus le bras C B du levier est incliné, plus C H est petit, en supposant toujours l'action du poids P sur le même point C ; dans ce cas P F devient plus grand : & conséquemment le *moment* du poids P, qui est toujours $= PF \times CB$, augmente aussi ; il faut donc, pour conserver l'équilibre, augmenter à proportion le poids Q, dont le *moment* est toujours $= Q \times AC$. Ce fut *Mariotte* qui démontra le premier ces différens cas.

§. DXCVII. De même que nous avons déterminé la grandeur de trois puissances qui tirent un corps, ou un point quelconque, de même on peut déterminer celle de quatre, de cinq, ou même d'un plus grand nombre, qui agiroient toutes contre un même point, & qui seroient en équilibre entr'elles.

Supposons en, par exemple, quatre, B, D, E, F [*Tab.* 14. *fig.* 12.], qui tirent en même-tems le point C : qu'on prenne à volonté sur C B le point O, duquel on tire O A, parallele à C D : qu'on tire ensuite A D parallele à C O ; soit conduite après cela la diagonale A C prolongée jusqu'en a, de sorte que C A = C a. Du point a soit menée a E, parallele à C F, & a F, parallele à C E ; les quatre puissances B, D, E, F seront entr'elles, comme

CO, CD, CE, CF : car les puissances E & F, agissant ensemble, produisent le mouvement C a. Les puissances D & B engendrent le mouvement C A : or C a = C A ; lesquelles, étant diamétralement opposées, se détruisent mutuellement, & conséquemment le point C doit demeurer en repos.

§. DXCVIII. Soient maintenant cinq puissances, B, D, E, F, G [*Tab.* 14. *fig.* 13.], agissant toutes contre le point A & en équilibre entr'elles. Pour déterminer leur valeur, soit pris A D à volonté, & du point D soit conduite DC, parallele à AE; soit ensuite tirée la diagonale A C : soit, après cela, prolongée la ligne B A à volonté ; par exemple, jusqu'en b : & de ce point b au point C, soit menée la ligne b C ; ces deux lignes, A C, & b C, étant données, soit achevé le parallélogramme A C b h : & enfin du point h soient conduites les lignes h F, parallele à G A, & h G, parallele à AF ; & on aura alors la valeur des cinq puissances données, qui seront entr'elles, comme les lignes A D, A E, A F, A G, A b.

§. DXCIX. Nous avons considéré jusqu'à présent ce qui devoit arriver, lorsqu'un corps, qui peut se mouvoir librement, est soumis à l'action simultanée de deux puissances. Mais il peut arriver qu'un mobile soit déterminé à suivre une *route forcée*, différente de la diagonale d'un parallélogramme, qui seroit construit sur la direction de deux puissances, quoiqu'il fût néanmoins soumis à l'action simultanée de deux puissances ; ainsi que dans le cas que nous avons exposé (§. 560, 561, 562) (1).

C'est pourquoi il nous reste actuellement à déterminer la vîtesse, ou l'espace que doit parcourir un mobile, dans la derniere hypothese que nous venons d'établir. Ce fut le célebre *Hahn* qui commença le premier à examiner cette matiere. Soit donc un point matériel tel que A [*Tab.* 14. *fig.* 14.], tiré par les puissances B & C, selon les directions obliques A B, & A C; que la grandeur totale de ces puissances soit comme les lignes A B, & A C : & que la *route forcée*, que doit parcourir le mobile A, soit A F. Cela posé, soit tirée du point B la ligne B D, perpendiculaire sur AF, & A D exprimera la vîtesse du mobile A, ou l'espace qu'il doit parcourir, en vertu de l'action de la puissance B ; pareillement, du point C, soit élevée la perpendiculaire C E sur A F, A E exprimera la vîtesse du même mobile A, ou l'espace qu'il doit parcourir par l'effort de la puissance C : car le *moment* direct de la puissance B est à son *moment* oblique, comme A B : A D; & le *moment* direct de la puissance C, est à son *moment* oblique, comme A C : A E : par

(1) Pour se former une juste idée de ce que notre Auteur entend par *route forcée*, imaginez une bille enfilée sur un fil de fer, & qui est tirée obliquement de part & d'autre ; c'est-à-dire, à droite & à gauche, par deux puissances inégales : quoique, selon les principes du mouvement composé, cette bille doive se prêter davantage à l'action de la plus forte de ces deux puissances, & qu'elle doive décrire, & qu'elle décriroit, si elle étoit libre, une ligne qui approcheroit davantage de la direction de la plus forte des deux puissances : néanmoins, comme elle est retenue par le fil de fer, sur lequel elle est enfilée, elle ne peut parcourir une autre ligne différente de celle que trace le fil de fer, quoi qu'il en soit du rapport d'intensité & de la direction des deux puissances qui l'animent. La longueur du fil de fer, ou une partie de cette longueur, qu'elle parcourt dans son mouvement, est ce que notre Auteur nomme *route forcée*.

conséquent la somme des *momens* directs est à la somme des obliques, comme AB+AC:AD+AE. La vîtesse du corps A sera donc = AD + AE.

Si on avoit AB=AC, on auroit AB+AC : AD+AE, comme la somme faite de chaque sinus total est à la somme des deux co-sinus des angles BAF, CAF.

§. DC. Si deux puissances obliques, telles que AB, AC [*Tab.* 14. *fig.* 15.], tirent le mobile A selon une *route forcée*, la vîtesse que ce mobile acquerra, sera à celle qu'il auroit acquise, s'il se fût mû librement, en parcourant la diagonale AL du parallélogramme ABCL, comme le co-sinus de l'angle que le chemin du mobile fait avec la diagonale, est au sinus total; c'est-à-dire, en tirant du point L la perpendiculaire LF sur AF, comme AF : AL.

En effet, soit tirée du point C sur AF la perpendiculaire CE, prolongée jusqu'au point H, sur la diagonale AL; soit tirée du point B, sur AF, la perpendiculaire BID, on aura deux triangles semblables AIB, CHL; puisqu'ils ont leurs côtés paralleles : & par conséquent on aura AB : AI :: LC : LH; mais AB=CL : donc AI=LH. Ayant conduit sur la diagonale AL les perpendiculaires CG & BK, on aura AG+AK= la somme des vîtesses qu'acquerroit le mobile A s'il se mouvoit librement; laquelle seroit égale à la diagonale AL : car LH=LK+KI+IH, & AI=AG+GH+HI. En retranchant de part & d'autres les quantités égales, KI+IH=GH+HI, il restera LK=AG; & par conséquent AG+AK=KL+AK=AL. Dans cette construction, on a trois triangles semblables AEH, ADI, AFL, qui donnent les proportions suivantes, AH:HL::AE:EF, & AH:AI::AE:AD. Mais comme HL=AI, on aura AE:EF::AE:AD : donc EF=AD. En retranchant la partie commune ED, on aura AE=DF; mais AE+AD égale la somme des vîtesses que les deux puissances données produisent, & AD+AE=AD+DF=AF : on aura donc AF= la somme des vîtesses : or AF est le co-sinus de l'angle LAF, & AL est le sinus total; d'où il suit manifestement ce qu'il falloit démontrer.

§. DCI. La diagonale AL [*Tab.* 15. *fig.* 1.] du parallélogramme ABCL, étant donnée, ainsi que les puissances AB, AC; si on décrit du point I, milieu de la diagonale, un cercle dont AI soit le rayon, & AF le chemin que doit parcourir le mobile, cette corde AF exprimera la vîtesse du corps A : car, ayant uni ensemble les points F & L, par la ligne FL, on aura l'angle AFL droit, comme inscrit & appuyé sur le diametre. Si on tire LM=FL, & qu'on mene la corde AM, cette corde pourra être une *route forcée*, & désigner la vîtesse que la puissance AB, jointe à la puissance AC, communiqueroit au mobile, en lui faisant parcourir ce chemin; on a donc, dans cette hypothese, deux chemins, que les mêmes puissances peuvent faire parcourir au mobile A, avec une égale vîtesse.

Plus les lignes qui expriment celles que le mobile peut parcourir sont proches de la diagonale, plus la vîtesse du mobile sera grande; plus ces lignes s'éloigneront de la diagonale, & plus la vîtesse du mobile sera petite : si l'espace que le mobile doit parcourir se trouve dans la direction de la tangente au point A, la vîtesse du mobile sera = o.

§. DCII. A l'aide de la doctrine de la composition & de la décomposi-

tion du mouvement, on peut résoudre des problêmes très difficiles; de sorte qu'on ne peut trop recommander & vanter l'avantage de cette doctrine : on pourra en juger par l'exemple suivant.

Soit le corps C AB [*Tab.* 15. *fig.* 2.], dont la surface est polie ; que ce corps soit placé sur le plan horisontal C F K, parfaitement poli : on demande comment ce corps, abandonné à lui-même, se mouvera ?

Solution. Que le centre de gravité de ce corps soit en G, & que de ce point on abaisse sur le plan C K la perpendiculaire G E F ; que du point du contact C on conduise, par le centre de gravité G, la ligne C G H : que du point H, pris à volonté dans cette ligne, on mene H I, parallele à C F ; & que du point E, on mene E I, parallele à C H: qu'enfin on tire G I.

Cela posé, comme le corps, dont il est ici question, est poussé par le plan, selon la direction C H, & que sa propre gravité le détermine selon G E; ce corps se mouvera selon la direction G I, diagonale du parallélogramme, dont deux côtés sont G H, & G E : & par conséquent ce corps tombera, en suivant la direction G I; mais, avant de tomber, il est soutenu : & par conséquent il est aussi déterminé selon la direction G M, égale & opposée à G I. Mais le mouvement G M se décompose en G O, & G S, dont le premier, G O, est parallele au plan, & G S est perpendiculaire vers le haut ; d'où il suit manifestement que le mobile sera mû, selon sa partie inférieure, d'un mouvement = G O : c'est-à-dire, que sa partie inférieure sera portée sur le plan N K, de C en N, dans le même tems qu'il tombe, par son mouvement G I, & que sa partie supérieure est portée de C en K.

Mais si le plan N K n'est pas poli, & qu'il soit hérissé de petites inégalités, l'aspérité de ce plan opposera une résistance qui équivaudra au mouvement G O.

§. DCIII. On détermine de la même maniere le mouvement de la pyramide A B C [*Tab.* 15. *fig.* 3.], posée sur un plan immobile & poli N C K.

Si le centre de gravité de cette pyramide est en G, sa ligne de direction, étant G E F, son centre de gravité ne sera pas soutenu, & la pyramide tombera vers K; mais comme elle est soutenue selon la direction C G H, soit conduite H I, parallele à G E F, & E I, parallele à C G H, enfin la diagonale G I : pour lors cette pyramide sera soumise à l'action des puissances exprimées par G H & G E; & elle suivera par conséquent la direction G I. Mais comme elle est soutenue en même tems par la puissance G M, opposée & = G I, laquelle puissance G M se décompose en G O, parallele à N K, & en G S, perpendiculaire à N K; dans le même tems que ce corps tombera selon la direction G I, il se mouvera selon la direction G O : sa partie supérieure s'avancera donc selon la direction C K, & sa partie inférieure selon la direction C N du plan sur lequel cette pyramide est placée.

§. DCIV. Jusqu'à présent nous avons considéré les puissances qui poussent ou qui tirent conjointement des mobiles, comme des puissances constantes, qui conservent toujours entr'elles le même rapport d'intensité ; il peut cependant arriver que ces puissances ne soient pas toutes constantes, que les unes soient variables, tandis que les autres conservent leur intensité. Dans ce cas le mobile ne décrit pas une seule & même ligne droite, diagonale d'un parallélogramme

parallélogramme ; mais il se meut selon une ligne courbe. En effet, soient deux puissances, dont les directions & la grandeur soient déterminées par les lignes A M & A I [*Tab.* 15. *fig.* 4.]; le corps A, soumis en même-tems à l'action de ces deux puissances, parcourra la diagonale A B du parallélogramme A M B I : si ce mobile, parvenu au point B, étoit abandonné à lui-même, il continueroit, dans le second instant, à se mouvoir selon la direction A B, & parcourroit la ligne droite B C = A B; mais, en supposant que la puissance exprimée par A I demeure la même qu'au premier instant, & qu'elle pousse le mobile selon la direction B K = A I, ce mobile parcourra la diagonale B D, du parallélogramme B C D K. Le mobile, abandonné encore à lui-même, parcourra, dans l'instant suivant, la ligne D F, en suivant la direction de B D, qu'il vient de parcourir dans l'instant précédent; mais si la puissance B K, demeurant encore la même, le sollicite à se mouvoir selon la direction D N, il parcourra la ligne D G, diagonale du parallélogramme D F G N. Et si ces lignes AB, BD, DG sont supposées infiniment petites, & jointes les unes aux autres, elles formeront une courbe; puisqu'elles ne sont pas rangées dans la même direction, & qu'elles forment un angle, étant prises deux à deux.

§. DCV. Comme une puissance variable peut varier à l'infini, il s'ensuit que les courbes qu'un mobile doit suivre, en se prêtant aux différentes impressions de cette puissance, doivent varier aussi à l'infini; & c'est au Géometre à déterminer la nature de ces courbes. Par exemple, si le corps A [*Tab.* 15. *fig.* 5.] est soumis à l'action simultanée de deux puissances qui le déterminent selon les directions A B & A C; de maniere que ce soit une loi constante que la partie A O, prise sur A C, soit toujours moyenne proportionnelle entre A N & N B : dans cette hypothese, le mobile décrira la périphérie d'un cercle. En effet, sur le diametre A B soit décrit le demi-cercle A M B, & élevée la perpendiculaire A O; par le point O soit tirée la droite O M, parallele à A B, qui coupera la périphérie du cercle aux points M, M, ou qui sera tangente du même cercle au point M; & que de ces points on abaisse les perpendiculaires M N, on aura A N : N M : : N M : N B; ce qui est une propriété du cercle.

§. DCVI. Mais si le mobile est maîtrisé par deux puissances qui le déterminent selon les directions A a, a X [*Tab.* 15. *fig.* 6.], de sorte que le rectangle fait de a P × P A, soit à $\overline{PM}^q :: \overline{Ca}^q : \overline{Cb}^q$, le mobile décrira une ellipse. La révolution de toutes les planetes autour du soleil est de cette nature ; elles décrivent toutes des ellipses.

§. DCVII. Si au contraire le mobile se meut avec un mouvement rectiligne uniforme A O [*Tab.* 15. *fig.* 7.], & un mouvement accéléré, ou variable A D, de sorte qu'on ait A M : A N : : $\overline{MF}^q : \overline{NG}^q$, ce mobile décrira une parabole, qui est la courbe que décrit un corps grave jetté obliquement de bas en-haut dans le vuide.

CHAPITRE XII.

De la descente des graves sur un plan incliné.

§. DCVIII. Si le corps A [*Tab.* 15. *fig.* 8.], est placé sur le plan incliné AB, qu'on suppose parfaitement immobile & poli, afin que le corps A ne puisse rien perdre de son mouvement, en descendant le long de ce plan, (supposition qu'on fait pour rendre la théorie plus simple & plus aisée, & qu'on corrigera à la fin de ce Chapitre), ce corps A descendra le long de ce plan, en vertu de sa gravité; mais comme il est en partie soutenu par le plan AB, on aura la proportion suivante : la force avec laquelle le corps A descend, est à son poids, qui le feroit mouvoir en ligne perpendiculaire à l'horison, comme la hauteur AC du plan est à la longueur AB du même plan (§. 469); puisque l'effort du mobile, pour descendre le long de ce plan, est égal à la puissance qui pourroit soutenir ce poids sur le même plan, en agissant selon une direction parallele à la longueur du plan.

§. DCIX. Le corps A fait à chaque instant, & sur tous les points du plan incliné AB, un même effort pour descendre; il descend donc sur ce plan avec la vîtesse qu'il acquiert à chaque instant : & comme il est continuellement soumis à l'action de la gravité qui le presse, il descend avec un mouvement uniformément accéléré; & on doit rapporter ici tout ce que nous avons dit (§. 341, 342), sur la chûte des corps qui tombent librement. Delà si AB : AC : : 3 : 1, les espaces que le corps A parcourt sur le plan AB, seront à ceux que parcourroit un corps qui tomberoit librement, : : 1 : 3. Et si on veut savoir quel espace peut parcourir un corps grave pendant quelques secondes de tems, sur un tel plan, il ne s'agit que de consulter la Table que nous avons donnée (§. 368), & de prendre la troisieme partie de ceux qui y sont indiqués.

§. DCX. Comme la gravité agit toujours de la même maniere sur les corps qu'elle maîtrise (§. 319), si deux corps commencent à tomber dans le même moment, l'un sur un plan incliné, & l'autre en décrivant librement une ligne perpendiculaire à l'horison, leurs vîtesses, dans chaque instant de leur chûte, suivront constamment entr'elles le même rapport qu'elles ont eu au commencement de leur chûte : or ces vîtesses, au commencement de leur chûte, étoient entr'elles, comme AC : AB (§. 608); ainsi elles seront encore, dans chaques instans successifs, comme AC : AB; & comme les espaces parcourus dans chaques instans sont entr'eux comme les vîtesses (§. 229), ces espaces seront entr'eux : : AC : AB.

§. DCXI. Par conséquent si du point C (1), de la perpendiculaire AC; on mene la ligne CD, perpendiculaire sur le plan AB; dans le même tems qu'un mobile abandonné à lui-même au point A, parcourra l'espace AC : un autre mobile qui descendra le long du plan incliné AB, arrivera en D; parceque AB : AC : : AC : AD.

(1) Liv. 6. Propos. 8. Elem. d'Euclide.

§. DCXII. Suppoſons maintenant un autre plan incliné A E, dont la hauteur ſoit égale à celle du premier A B ; ſi on mene ſur A E la perpendiculaire CF, dans le même tems qu'un corps parcourra librement A C, il arriveroit en F, en deſcendant le long du plan A E (§. 611) : or ce mobile parcourroit, dans le même tems, A C & A D ; par conſéquent un mobile parcourra en même-tems A C, A D, A F.

§. DCXIII. Si les hauteurs de deux plans inclinés ſont égales, les forces avec leſquelles différens corps tendront à ſe mouvoir le long de ces plans, feront entr'elles en raiſon inverſe de la longueur de ces plans : en effet la force avec laquelle un corps tend à deſcendre le long du plan A E, eſt à celle avec laquelle il tend à parcourir A C : : A C : A E. Exprimons cette proportion de cette maniere : $\overline{AE}^{\text{forc.}} : \overline{AC}^{\text{forc.}} :: AC : AE$. La force avec laquelle un corps tend à deſcendre le long du plan A B, eſt à celle avec laquelle il tend à parcourir A C : : A C : A B. Exprimons encore cette proportion : $\overline{AB}^{\text{forc.}} : \overline{AC}^{\text{forc.}} :: AC : AB$. En multipliant les extrêmes & les moyens de ces proportions les uns par les autres, on aura $\overline{AE}^{\text{forc.}} \times AE = \overline{AC}^{\text{forc.}} \times AC$, & $\overline{AB}^{\text{forc.}} \times AB = \overline{AC}^{\text{forc.}} \times AC$; & par conſéquent $\overline{AE}^{\text{forc.}} \times AE = \overline{AB}^{\text{forc.}} \times AB$: donc $\overline{AE}^{\text{forc.}} : \overline{AB}^{\text{forc.}} :: AB : AE$.

§. DCXIV. Le tems qu'un corps met à parcourir la partie A F d'un plan incliné A E, eſt au tems qu'il emploie pour parcourir toute la longueur du plan A E, en raiſon ſous-doublée de A F à A E ; c'eſt-à-dire, comme A C : A E ; le tems qu'un corps met à parcourir la partie A D d'un plan incliné A B, eſt au tems qu'il emploie à parcourir la longueur du même plan A B, en raiſon ſous doublée de A D à A B ; c'eſt-à-dire, comme A C : A B. C'eſt pourquoi le tems employé pour parcourir A E, eſt à celui pendant lequel on parcourt A B, comme la longueur A E eſt à la longueur A B ; & conſéquemment les tems employés à parcourir A E, A B, A C, ſont entr'eux comme A E, A B, A C.

§. DCXV. La vîteſſe d'un corps qui ſe meut ſur un plan incliné AB, eſt à celle d'un corps qui tombe librement dans le même tems, comme A D : A C ; mais la vîteſſe d'un corps grave qui parcourt le plan incliné A B, lorſqu'il eſt parvenu au point D, eſt à celle qu'il a, lorſqu'il eſt arrivé au point B, en raiſon ſous doublée de A D à A B ; c'eſt-à dire, comme A D : A C. Par conſéquent la vîteſſe d'un corps qui a parcouru librement la perpendiculaire A C, eſt égale à celle d'un corps qui a parcouru le plan A B.

Autre démonſtration. La vîteſſe acquiſe eſt en raiſon compoſée de la force avec laquelle le corps ſe meut, & du tems qu'il emploie à ſe mouvoir : or la force avec laquelle un corps ſe meut ſur un plan tel que A B, eſt à celle avec laquelle il parcourt librement la perpendiculaire A C, : : A C : A B, ou : : A D : A C ; puiſqu'il parcourt, dans le même tems, A D, & A C ; mais le tems qu'il emploie à parcourir A D, eſt à celui qu'il conſomme pour parcourir A B en raiſon ſous-doublée de A D à A B ; c'eſt-à dire, : : A C : A B ; par conſéquent la vîteſſe acquiſe au point B, eſt à celle dont le corps jouit, lorſqu'il eſt parvenu au point C, : : A C : A B, en ne conſidérant que les forces, & comme A B : A C en conſidérant les tems : or A B × A C =

A B × AC ; par conséquent les vîtesses acquises aux points C & B sont égales.

§ DCXVI. Comme le triangle A D C est rectangle en D, A C sera le sinus total, & A D le co sinus de l'angle C A D ; par conséquent l'angle C A D, étant donné, ainsi que la longueur du plan incliné A D, il sera très aisé de déterminer le tems qu'un mobile emploiera à parcourir ce plan.

Supposons que AD = 10 pieds, & que l'angle C A D soit de 20°, le co-sinus de cet angle sera de 70°; d'où il suit qu'on aura la proportion, le sinus d'un angle 70 degrés, est à A D 10 pieds, comme le sinus total est à 10,6508.

Car le logarithme 9.9729858.1.0000000 : : 10.0000000.1.0270142, lequel logarithme répond au n° 10,6508.

Puisque, dans l'espace d'une m″, un corps parcourt, en tombant, 2173 lignes, & que 10,6508 pieds = 127,8096 lignes, & que ces espaces sont comme les quarrés des tems : soit donc le tems d'une m″ = T, & le tems qu'on cherche = t ; & on aura 2173 : 127,8096 : : Tq : tq : : 60‴q : tq.

Or le logarithme 3,3370597 : 2,1065390 : : 3,5563025 : 2,3257818 ; lequel, étant divisé par 2, donnera le logarithme 1,1628909, qui répond au nombre naturel 14,551 = t : & par conséquent AD = 10 pieds, sera parcouru dans un tems réduit en tierces = 14,551.

§. DCXVII. Soit un plan incliné indéfini A D [*Tab.* 15. *fig.* 8.], qui fait, avec l'horison A C, un angle de 36° C A D ; pour déterminer quelle partie de la longueur de ce plan pourra parcourir un mobile dans le tems d'une m″, faites la proportion suivante.

De même que dans le triangle rectangle A D C, le sinus total est à la longueur AC = 2173 lignes ; de même le co-sinus de l'angle CAD, ou de l'angle de 54°, est à la longueur A D.

Car le logarithme du sinus total est au logarithme de A C = 2173, comme le logarithme de l'angle de 54° est au logarithme du nombre 1758 lignes.

Ou 10,0000000 : 2,3370597 : : 9,9079576 : 3,2450173 ; lequel logarithme répond au nombre 1758 lignes.

§. DCXVIII. Connoissant la longueur qu'un corps grave parcourt sur un plan incliné donné, & le tems qu'il emploie à parcourir cette longueur, on peut aisément connoître l'angle que ce plan forme avec la ligne verticale, ou l'inclinaison de ce plan sur l'horison.

En effet, supposons qu'un corps parcourt, sur un plan incliné donné, la longueur de 1900 lignes dans l'espace d'une m″; puisque ce mobile, en tombant librement, suivant une ligne verticale, parcourroit 2173 lignes : il parcourra donc AC [*Tab.* 15. *fig.* 8.] dans le même tems qu'il parcourroit AD, par conséquent, de même que 2173 : 1900, de même le logarithme du sinus total est au logarithme d'un angle de 60° 58 m′, 10 m″.

Ou 3,3370597 : 3,2787536 : : 10,0000000 : 9,9416939, qui est le logarithme de l'angle de 60° 58 m′, 10 m″ = ACD, dont le co sinus : C A D = 29° 1 m′, 50 m″.

§. DCXIX. Si le diametre A C [*Tab.* 15. *fig.* 9.] d'un cercle est placé perpendiculairement sur le plan horisontal B C, & qu'on mene des extrêmités

A, ou C, des cordes quelconques, telles que AC, AF, AD, CF, CD: toutes ces cordes seront parcourues dans le même tems.

En effet, puisque l'angle inscrit, appuyé sur le diametre, est droit, on aura CF, perpendiculaire sur AF; & par conséquent AC & AF seront parcourues dans le même tems: pour la même raison AC, & AD seront parcourues dans le même tems; & comme on peut, du point A, conduire la corde AM, parallele & égale à la corde CD, & AL, parallele à FC, les lignes AM, AL, AC, seront parcourues dans le même tems que DC & FC.

§. DCXX. Puisque toutes les cordes d'un cercle, tirées d'un même point A [*Tab.* 15. *fig.* 10.], sont parcourues dans le même tems, AB, AD, AF, AH, seront parcourues dans le même tems: on doit dire la même chose de AC, AE, AG, AI; & par conséquent les parties BC, DE, FG, HI, de ces dernieres cordes, seront aussi parcourues dans le même tems.

§. DCXXI. Puisque le tems employé à parcourir AC, est à celui qu'on met à parcourir AB :: $\sqrt{AC} : \sqrt{AB}$; le tems qu'on emploie pour parcourir AC, moins celui qu'on met à parcourir AB, est à celui pendant lequel on parcourt AB, :: $\sqrt{AC} - \sqrt{AB} : \sqrt{AB}$.

Supposons donc que $AC = 16$, que $AB = 9$: on aura $\sqrt{AB} = 3$. $\sqrt{AC} = 4$, & $\sqrt{AC} - \sqrt{AB} = 4 - 3 = 1$. Par conséquent le tems employé à parcourir BC, est à celui pendant lequel un mobile parcourt AB :: 1 : 3. Et puisqu'il faut trois instans pour parcourir AB, les espaces parcourus pendant ces trois instans, seront $1, 3, 5 = 9$; l'espace parcouru pendant le quatrieme instant qui suit, $= 7$: & par conséquent les espaces parcourus à la fin de cet instant, seront $1, 3, 5, 7 = 16 = AC$. Maintenant comme tous les espaces BC, DE, FG, HI sont tous parcourus les uns & les autres dans le même tems, on aura le tems employé à parcourir DE est au tems employé pour parcourir AD :: 1 : 3; & il en sera de même pour les autres cordes.

§. DCXXII. Le point A [*Tab.* 15. *fig.* 11.] étant donné d'où un corps doit descendre le long d'un plan incliné, & arriver, avec la plus grande vîtesse possible, à la rencontre de la ligne BP, pareillement donnée; trouver le point E de cette ligne, & l'inclinaison du plan AE.

Solution. Menez par le point A la perpendiculaire à l'horison RAB, qui concourt au point B avec la ligne donnée BP; du même point A conduisez AQ, perpendiculaire sur BP: divisez ensuite l'angle RAQ en deux parties égales par la ligne AE; de ce point E tirez la ligne EO, perpendiculaire sur BP, & qui rencontre la ligne BR au point O: de ce point, comme centre, & du rayon OA, décrivez un cercle qui touche la droite BP au point E; & la ligne AE donnera le plan incliné que vous cherchez.

La droite $OA = OE$: en effet, par la construction, l'angle $OAE = QAE$; & à cause des paralleles AQ, OE, l'angle $QAE = AEO$: donc

l'angle O A E = O E A, & le triangle O A E eſt iſocele ; & conſéquemment le côté O A = O E, & le cercle décrit du centre O, & du rayon O A, touche la droite BP au point E.

Si du point A on tire ſur la ligne BP toutes autres lignes droites quelconques, telles que les lignes A Z, dont l'une eſt en-deſſus, & l'autre en-deſſous du point E, ces deux lignes couperont la circonférence du cercle aux points X ; & on aura A Z > A X : or toutes les cordes d'un même cercle, A X, A E, A X, ſont parcourues dans le même tems ; par conſéquent A E ſera plutôt parcouru qu'aucune des deux lignes A Z : donc la ligne A E ſera celle qu'un corps tombant du point A, & devant arriver à un des points de la ligne BP, parcourra avec la plus grande vîteſſe.

§. DCXXIII. Voici une maniere de déterminer la longueur du rayon O A ou O E ; les triangles B A Q, B O E ſont ſemblables : par conſéquent B A : A Q : : B O : O E, ou : : B A + A O : O E = O A. Et en multipliant les moyens & les extrêmes par eux-mêmes, on aura $BA \times OA = AQ \times \overline{BA + AO}$; de-là $BA \times AO - AQ \times AO = AQ \times BA$. Par conſéquent $\frac{AQ \times BA}{BA - AQ} = AO = OE$; & parceque O E : A Q : : O B : A B, on aura O E − A Q : A Q : : O B − A B = O A : A B ; & on aura $\overline{OB}^q - \overline{OE}^q = \overline{BE}^q$, & B O : A O : : B E : Q E ; par conſéquent $AE = \sqrt{\overline{AQ}^q + \overline{QE}^q}$.

§. DCXXIV. Les vîteſſes que les corps acquerent ſur la fin, en parcourant les cordes d'un cercle, ſont comme les longueurs des cordes parcourues.

La vîteſſe qu'un corps grave, qui tombe librement de O en C [*Tab.* 15. *fig.* 9.], a acquiſe, lorſqu'il eſt parvenu en C, eſt égale à la vîteſſe acquiſe, lorſqu'un mobile eſt parvenu au même point C, ayant parcouru la corde F C ; & celle qui eſt acquiſe, ayant parcouru P C, eſt égale à celle dont jouit un mobile qui a parcouru D C (§. 619) : or la vîteſſe acquiſe lorſqu'un mobile eſt tombé librement de A en C, eſt à celle qu'il eût acquiſe s'il fût tombé de O en C, en raiſon ſous-double de A C à O C ; c'eſt à dire, comme A C eſt à F C. Pareillement la vîteſſe acquiſe, après avoir parcouru A C, eſt à celle dont jouit un mobile qui a parcouru P C, en raiſon ſous-doublée de A C à P C ; c'eſt-à-dire, comme A C eſt à D C : par conſéquent la vîteſſe acquiſe, lorſqu'un mobile a parcouru la corde F C, eſt à celle dont jouit un mobile, après avoir parcouru D C, comme F C eſt à D C.

§. DCXXV. Les forces avec leſquelles les corps, placés ſur les différentes cordes d'un cercle. tendent à parcourir ces cordes, ſont auſſi entr'elles, comme les longueurs de ces cordes.

La force avec laquelle un corps grave, placé ſur le plan incliné A B [*Tab.* 15. *fig.* 8.], tend à parcourir la longueur de ce plan, eſt à la peſanteur totale de ce corps, : : A C : A B (§. 708), ou : : A D : A C. Pareillement la force avec laquelle un corps, placé ſur le plan incliné A E, tend à parcourir la longueur de ce plan, eſt à la peſanteur totale de ce corps : : A C : A E, ou : : A F : A C ; or A D & A F [*Tab.* 15. *fig.* 9.] ſont des cordes d'un cercle, dont A C eſt le diametre ; par conſéquent les forces avec leſquelles

les corps tendent à parcourir les différentes cordes d'un cercle, sont entr'elles comme les longueurs de ces cordes.

§. DCXXVI. Soit un plan incliné AE [*Tab.* 15. *fig.* 12.], & AC le diametre perpendiculaire d'un cercle; les tems employés à parcourir AD & AE seront entr'eux en raison sous-doublée de ces longueurs: & comme on a ∺ AD, AC, AE, ces tems seront entr'eux :: AC : AE; maintenant si du point A, comme centre, & d'un rayon tel que AC, on décrit l'arc CP, on aura AP = AC : par conséquent le tems employé à parcourir AD sera à celui qu'un mobile emploiera à parcourir DE, :: AP : PE :: AC : AE — AC; or le tems employé à parcourir DE, est à celui qu'il faut employer pour parcourir DC, :: DE : DC. Par conséquent si on mene PO, parallele à DC, puisque le tems requis pour parcourir DE = PE, & que DE : DC :: PE : PO, le tems requis pour parcourir DC, sera = PO; & en supposant qu'il ne se fasse aucune perte de vîtesse, lorsque le mobile change de direction, on aura le tems requis pour parcourir AD + DC, = AP + PO. Par conséquent si un mobile se meut en parcourant le plan AD, & qu'au point D il soit détourné, & qu'il y reçoive une nouvelle direction pour parcourir DC, le tems qu'il mettra pour parcourir ces deux plans, sera = AP + PO.

§. DCXXVII. Si le plan incliné AE [*Tab.* 15. *fig.* 13.] est tel qu'il fasse avec l'horison un angle de 45 degrés AEC, le mobile parcourra les deux cordes AD + DC dans le même tems qu'il parcourroit la longueur du plan incliné AE.

En effet, DE, partie du plan incliné AE, = DC; ce sont deux plans également inclinés, & de même hauteur DG : par conséquent DE & DC doivent être parcourus en même-tems; par conséquent le tems requis pour parcourir AD + DE, est égal à celui pendant lequel AD + DC est parcouru.

Mais si le plan AS fait avec l'horison un angle moindre que de 45 degrés, les deux cordes AB + BC seront parcourues dans un moindre tems que les parties du plan AB + BS. En effet, la partie AB du plan sera parcourue dans le même tems, soit qu'elle soit parcourue comme corde du cercle, soit qu'elle soit parcourue comme faisant partie du plan AS; mais il n'en sera pas de même des deux autres parties BC, & BS : car le tems requis à parcourir BS, est au tems nécessaire pour parcourir BC, :: BS : BC. Or BC < BS; puisque l'angle BSC < BCS dans le triangle BCS.

§. DCXXVIII. Mais si un plan incliné fait avec l'horison un angle plus grand que de 45 degrés, il faudra plus de tems pour parcourir les deux cordes AD + DC [*Tab.* 15. *fig.* 12.], que pour parcourir la longueur du plan AE; puisque, dans le triangle DEC, rectangle en D, l'angle DCE < DEC, le côté DE est donc < DC : or les tems employés à parcourir DE & DC, sont comme les longueurs DE & DC; donc AD + DE seront plutôt parcourus que AD + DC.

§. DCXXIX. Supposons qu'un corps grave, abandonné à lui-même, descende le long de la perpendiculaire à l'horison AC [*Tab.* 15. *fig.* 14.], & qu'en vertu de la portion de la courbe IL, il soit déterminé à se mouvoir selon la ligne horisontale CB, avec la vîtesse acquise au point C, & sans que la nouvelle détermination qu'il reçoit vers ce point, lui fasse perdre de sa

vîteſſe; ſupppoſons en même-tems qu'un autre corps deſcende le long du plan incliné A B, le tems que le premier de ces deux corps emploiera pour parcourir A C + C B, ſera au tems qu'emploiera l'autre mobile pour parcourir A B, comme la longueur A C + la moitié de C B, eſt à la longueur A B.

Pour le démontrer, ſuppoſons que A B = a, C B = b, A C = c : cela poſé, le tems employé à parcourir A B, eſt à celui pendant lequel A C eſt parcouru, : : A B : A C, : : a : c (§. 447). Or le tems employé pour parcoucourir A D = celui pendant lequel A C eſt parcouru; & conſéquemment le tems employé pour parcourir A D, eſt à celui pendant lequel A B eſt parcouru, : : c : a : & le tems employé pour parcourir A D, eſt à celui qu'il faut employer pour parcourir D B, : : c : a — c, ou : : 2 c : 2 a — 2 c, en multipliant chaque terme par 2.

Le tems employé pour parcourir A C, d'un mouvement accéléré, eſt à celui qui eſt requis pour parcourir C B, avec un mouvement uniforme, & avec la vîteſſe acquiſe au point C, : : 2 c : b : or comme le tems employé pour parcourir A D, eſt à celui qu'il faut employer pour parcourir D B, : : 2 c : 2 a — 2 c. On aura le tems requis pour parcourir C B, comparé à celui qu'il faut employer pour parcourir D B, : : b : 2 a — 2 c; & conſéquemment le tems néceſſaire pour parcourir A C + B C, ſera au tems requis pour parcourir A D + D B, : : 2 c + b : 2 c + 2 a — 2 c = 2 a; & en diviſant par 2 : : c + $\frac{1}{2}$ b : a.

§. DCXXX. Par conſéquent ſi le côté A C du triangle A C B = 3, le côté C B = 4, & A B = 5; A C + C B ſeront parcourus dans le même tems que le plan incliné A B (1).

§. DCXXXI. Si un corps deſcend, de quelque hauteur que ce ſoit, ſur divers plans A B, B C, C D [*Tab.* 15. *fig.* 15.], qui ſont contigus, de quelque maniere qu'ils puiſſent être inclinés, en ſuppoſant qu'ils ſoient parfaitement durs, qu'ils ne reçoivent aucune impreſſion du poids du mobile qui les parcourt, & qu'ils ne faſſent perdre à ce mobile aucune partie de ſa vîteſſe; ce mobile aura acquis, lorſqu'il ſera parvenu au point D, la même vîteſſe que s'il fût tombé ſelon la ligne perpendiculaire N D.

En effet, tandis que le mobile parvient de A en B, il acquiert au point B la même vîteſſe que s'il étoit tombé de O en B, ou qu'il eût parcouru le plan E B du point E au point B (§. 615) : c'eſt pourquoi il continuera de deſcendre ſur B C avec la vîteſſe qu'il a acquiſe de A en B, comme s'il avoit paſſé de E en B, & qu'il continuât à s'avancer ſur le même plan E B C; mais en parcourant E B C, il reçoit en C la même vîteſſe qu'il auroit reçue s'il fût tombé de M en C : mais ſi au lieu de tomber de M en C, il fût deſcendu le long du plan incliné F C, il eût encore acquis la même vîteſſe; c'eſt pourquoi, après avoir parcouru B C, il continue à deſcendre le long de C D, de même que s'il fût deſcendu de F en C : d'où il ſuit que lorſqu'il eſt parvenu au point D, ce mobile eſt muni d'une vîteſſe égale à celle qu'il auroit acquiſe s'il fût tombé de N en D; de ſorte qu'après avoir parcouru, en tombant du point A, les plans A B, B C, C D, il a acquis, lorſqu'il eſt parvenu

(1) Toricellius de motu. grav. deſc. Prop. 44. pag. 149.

au

au point D, la même vîteſſe que s'il fût tombé librement & perpendiculairement du point N au point D.

§. DCXXXII. Puiſqu'on peut concevoir une ligne courbe, comme étant compoſée d'un très grand nombre de petites lignes droites contiguës, & qui forment des angles entr'elles, une ligne courbe peut être conſidérée comme un aſſemblage de divers plans inclinés AB, BC, CD, contigus; de maniere qu'un corps peſant, étant mû de A en D ſur cette ſorte de ligne courbe, acquerra, au plus bas point D de cette courbe, la même vîteſſe que s'il étoit tombé perpendiculairement de N en D.

§. DCXXXIII. Par conſéquent un corps qui deſcendra le long du plan incliné FN, ſoit dans la courbe AD, ſoit le long des plans inclinés AB, BC, CD, aura acquis, lorſqu'il ſera parvenu au point D, une vîteſſe, ou une force ſuffiſante, pour remonter juſqu'à la même hauteur d'où il ſera deſcendu; ſoit qu'il remonte par un ſeul plan, ou par pluſieurs plans inclinés les uns aux autres, ou par une courbe.

§. DCXXXIV. Si deux corps deſcendent ſur deux plans, ou ſur pluſieurs plans, ſemblablement inclinés, & proportionnels en longueur, parfaitement durs & immobiles; de ſorte qu'on ait la proportion ſuivante, AB : BC :: DE : EF [*Tab.* 15. *fig.* 16.], les tems qu'ils emploieront à parcourir ces plans, ſeront en raiſon ſous-doublée des longueurs des plans ABC, DEF.

Soient les plans AB, & BC contigus; ſoient pareillement les plans DE, & EF contigus: par les points A & D ſoient conduites les lignes AG, DH, paralleles à l'horiſon; ſoient enſuite prolongés les plans CB, juſqu'en G, & FE juſqu'en H. A cauſe des triangles ſemblables ABG, DEH, on aura AB : DE :: BG : EH, :: BC : EF :: GC : FH. Or le tems employé à parcourir AB, eſt à celui qui eſt employé à parcourir DE, en raiſon ſous-doublée de GC à HF; & le tems requis pour parcourir BG, eſt à celui pendant lequel EH eſt parcouru, en raiſon ſous-doublée de GB à EH: par conſéquent le tems employé à parcourir BC avec la vîteſſe acquiſe au point B, eſt au tems requis pour parcourir EF avec la vîteſſe acquiſe au point E, en raiſon ſous-doublée de BC à EF; mais la vîteſſe acquiſe en B, eſt la même, ſoit que le mobile ait parcouru le plan AB, ſoit qu'il ait parcouru le plan GB: pareillement la vîteſſe acquiſe au point E, eſt la même, ſoit que le mobile ſoit deſcendu le long du plan DE, ſoit qu'il ſoit deſcendu le long du plan HE; donc le tems employé pour parcourir les deux plans AB + BC, eſt au tems employé pour parcourir les deux plans DE + EF en raiſon ſous-doublée de AB + BC à DE + EF.

§. DCXXXV. Si on a donc deux courbes ſemblables & ſemblablement placées, ces courbes ne différeront pas de pluſieurs plans infiniment petits, contigus, ſemblablement inclinés, & proportionnels entr'eux; & par conſéquent le tems qu'un mobile emploiera à parcourir l'une des deux courbes DE [*Tab.* 15. *fig.* 17.], ſera au tems qu'emploiera un autre mobile à décrire l'autre courbe AB, en raiſon ſous-doublée de DE à AB.

§. DCXXXVI. Si un corps ſe meut ſur pluſieurs plans inclinés & contigus, tels que AB, BC, CD, DE, &c.] *Tab.* 15. *fig.* 18.], & que ce mobile, ou ces plans, ſoient tellement conſtitués, que le mobile perde de ſa

vîteſſe en les parcourant, le mobile les parcourra avec un mouvement continuellement retardé, juſqu'à ce qu'ayant perdu toute ſa vîteſſe, il demeure en repos.

En effet, que le corps A deſcende le long du plan incliné A B, avec une vîteſſe déſignée par A B, ce mobile arrivera ſur le plan B C; ſi on éleve ſur ce plan la perpendiculaire K B, & qu'on tire A K parallele à l'horiſon, le mouvement K B, dont le mobile étoit animé en arrivant ſur le plan B C, ſera détruit : & il ne lui reſtera plus que celui qui eſt repréſenté par la ligne A K. Prenant donc ſur B C la ligne L C = A K, & élevant ſur C D la perpendiculaire C M; enfin conduiſant L M, parallele au plan C D, le mouvement C M, dont jouit le mobile, périra à la rencontre du plan C D : & il ne lui reſtera plus que celui qui eſt exprimé par la ligne L M. Prenant donc encore ſur C D, N D = L M; & élevant ſur le plan la perpendiculaire D O, & conduiſant N O parallele au plan immédiatement conſécutif D E; à la rencontre de ce plan le mouvement D O ſera détruit : & le mobile ne conſervera alors que ſon mouvement, repréſenté par N O, &c. Or comme dans tout triangle rectangle l'hypothenuſe eſt plus grande que chacun des côtés ſéparément pris, & que, dans l'hypotheſe préſente, un côté de chaque triangle rectangle devient ſucceſſivement l'hypothenuſe du triangle ſuivant, il eſt évident que les côtés de ces triangles, devenant continuellement de plus petits en plus petits, l'hypothenuſe deviendra à la fin infiniment petite : & comme c'eſt l'hypothenuſe de chaque triangle, qui exprime le mouvement du mobile, ce mouvement deviendra infiniment petit; & conſéquemment le mobile parviendra à l'état du repos.

§. DCXXXVII. Si d'un point B [*Tab.* 15. *fig.* 19.], comme centre, & d'un rayon A B, on décrit un cercle; & qu'ayant tiré le diametre a b B C, dont la partie B C ſoit un plan immédiatement contigu au plan A B, on abaiſſe la perpendiculaire A b : la ligne b B, qui exprimera le mouvement qui ſubſiſtera dans le mobile qui aura parcouru le plan A B, lorſqu'il ſera parvenu au point B; cette ligne, dis-je, b B ſera le ſinus de l'angle B A b, ou A B K, & a b ſera le ſinus verſe de l'arc A a, dont le ſinus eſt A b : par conſéquent le mouvement qui ſubſiſte eſt égal au ſinus de complément de l'angle que le mobile fait avec le plan qu'il vient frapper; & ce ſinus eſt lui-même égal au ſinus total, en faiſant abſtraction du ſinus verſe de l'angle A B C, ou A B b.

§. DCXXXVIII. Si pluſieurs plans ſont contigus les uns aux autres, en formant entr'eux les mêmes angles A B C [*Tab.* 16. *fig.* 1.], & que le mouvement que le mobile perd, en paſſant du premier plan ſur le ſecond, ſoit = a b; & qu'enfin du centre B & d'un rayon B b, on décrive un arc de cercle b d, ce ſinus verſe b d exprimera la perte du mouvement que le mobile ſupportera à la rencontre du plan immédiatement conſécutif : & ainſi de ſuite d e, e f, f g, g h, exprimeront les pertes ſucceſſives du mouvement, & B h indiquera le mouvement que le mobile conſervera. C'eſt de cette maniere qu'on peut connoître les pertes du mouvement que le mobile éprouve à la rencontre d'un autre plan.

§. DCXXXIX. Si les angles que les plans font entr'eux ne ſont pas égaux, & que leurs complémens à deux angles droits ſoient les angles A B a, d B b,

e B e [*Tab.* 16. *fig.* 2.], en supposant que le mouvement du mobile soit = A B, la perte de son mouvement, à la rencontre du second plan, sera = a b. Alors si du rayon B b on décrit l'arc d b, qui renferme l'angle d B b, & qu'on abaisse la perpendiculaire d d, la perte du mouvement, à la rencontre du troisieme plan, sera = b d. Si du nouveau rayon B d on décrit l'arc d e, qui comprenne l'angle e B d, & qu'on abaisse la perpendiculaire e e; la perte du mouvement, à la rencontre du quatrieme plan, sera = d e : & la somme totale du mouvement qui aura été perdu jusqu'alors, sera = a e, ou = la somme de tous les sinus verses, & le mouvement, subsistant dans le mobile, sera = e B, qui est la différence entre le sinus total & la somme des sinus verses.

§. DCXL. Si le même mobile se meut dans une courbe, la perte de son mouvement sera infiniment petite; ou = o [*Tab.* 16. *fig.* 3.]. Soit la courbe A B C D E, considérée comme un polygone, dont les côtés sont infiniment petits, & dont tous les côtés forment, avec la tangente qui leur répond, des angles égaux, & infiniment petits B A X; alors les sinus verses de ces angles, seront des infiniment petits du second ordre : & par conséquent le mobile, à chaque instant, perdra une partie de sa vîtesse, qui sera un infiniment petit du second ordre; par conséquent la perte totale de sa vîtesse, en parcourant toute la courbe, sera égale à une quantité infiniment petite de cette courbe, & qu'on peut réputer o.

CHAPITRE XIII.

Sur le mouvement d'oscillation des pendules.

§. DCXLI. Le pendule est un corps pesant, suspendu à un fil fort mince, & qui peut se mouvoir autour de l'une de ses extrêmités, comme autour de son centre. Concevez le fil A B [*Tab.* 16. *fig.* 4.] comme dépourvu de pesanteur, & extrêmement flexible à son extrêmité A; imaginez outre cela qu'il peut se mouvoir autour de ce centre sans éprouver aucun frottement, & enfin qu'il est placé dans le vuide. Un pendule, construit de cette façon, est ce qu'on appelle un pendule simple.

§. DCXLII. On lui donne le nom de pendule composé, lorsqu'il y a plusieurs corps, tels que A & B [*Tab.* 16. *fig.* 10.], qui sont attachés à différentes distances du centre C, sur la longueur du fil C A, ou sur la longueur d'une verge de métal inflexible.

§. DCXLIII. Si le pendule A B [*Tab.* 16. *fig.* 4.] est retiré de sa situation perpendiculaire à l'horison, & est élevé & porté dans toute autre situation quelconque, telle que A C, & qu'il soit ensuite abandonné à lui-même, en vertu de la gravité qui le maîtrise; il descendra, autant qu'il lui sera possible, jusqu'à ce qu'il se soit retabli dans sa premiere situation A B : en descendant ainsi, ce pendule acquiert une vîtesse suffisante pour remonter en

ſens contraire juſqu'à la même hauteur B D, d'où il eſt deſcendu en partant du point C (§. 356). Or comme ce pendule eſt retenu au point A, autour duquel il ſe meut, il décrit, en ſe mouvont, un arc de cercle. Lorſqu'après être deſcendu, il eſt remonté au point D, ce pendule a perdu toute la vîteſſe qu'il avoit acquiſe en deſcendant; c'eſt pourquoi il retombe alors vers B: &, parvenu à ce point, il remonte vers C, par la vîteſſe qu'il a acquiſe pendant ſa chûte. Lorſque ce pendule répond aux points C & D, on peut le conſidérer comme s'il étoit placé ſur des plans inclinés, qui ſeroient comme des tangentes de ces points; & on peut dire la même choſe de tous les points des arcs C B, B D, à l'exception du ſeul point B. Le mouvement par lequel ce pendule eſt porté du point C au point D, & revient de ce dernier point au point C, ſe nomme mouvement de *vibration*, ou d'*oſcillation.*

§. DCXLIV. Puiſque le pendule A B, étant tiré de ſon aplomb AB, & étant porté au point C, acquiert, en deſcendant de cette hauteur, une vîteſſe ſuffiſante pour remonter en ſens contraire juſqu'à la même hauteur B D; &, étant deſcendu du point D, peut remonter juſqu'au point C: il s'enſuit qu'un pendule, étant mis une fois en mouvement, doit ſe mouvoir éternellement, & doit toujours faire, dans des tems égaux, des vibrations égales, de C en D, & de D en C.

§. DCXLV. C'eſt ce qu'on ne peut cependant pas prouver par aucune expérience; car il ne peut pas ſe faire que nous ayons un lieu parfaitement vuide, où nous puiſſions placer un pendule: le vuide qui eſt à notre diſpoſition, n'eſt que le vuide de *Toricelli* ou de *Boyle*; & l'un & l'autre n'excluent pas le feu, la lumiere, le fluide électrique, & quantité d'autres exhalaiſons qui pénetrent à travers les vaſes de verre ou de métal. Quelque ſubtils & déliés que ſoient ces fluides, ils réſiſtent néanmoins aux corps qui ſe meuvent dans leur ſein.

2°. Le fil qui eſt ſuſpendu au point A, quelque flexible qu'on le ſuppoſe, conſerve toujours une certaine roideur; ce qui fait qu'il ne peut pas ſe plier ſans oppoſer une réſiſtance quelconque: & ſi, pour éviter ce défaut, on terminoit, l'extrêmité A du pendule, en forme de petit axe, qui rouleroit dans les yeux d'une châſſe, cet axe éprouveroit un frottement dans ſa châſſe; & même, quand on éviteroit toute réſiſtance au mouvement de la part du frottement de l'axe, ou de la roideur du fil au point de ſuſpenſion, la ſeule réſiſtance du fluide, qui ſubſiſte dans le vuide que nous pouvons faire, ſuffiroit pour détruire, en peu de tems, le mouvement d'oſcillation qu'on donneroit au pendule.

§. DCXLVI. Si le pendule A B, élevé au point C, & abandonné à lui-même, deſcendoit en parcourant la corde C B, & remontoit en ſens contraire, en ſuivant la corde B D, & continuoit à faire ſes oſcillations, en parcourant des cordes de cette eſpece, C B, F B, B D, BG, dans le même tems qu'il parcourroit une de ces cordes, par exemple C B, un corps, abandonné à lui-même au point L, parcourroit le diametre LB du cercle, ou un eſpace dont la longueur ſeroit double de celle du pendule (§. 619). Et ſi ce même pendule continuoit à ſe mouvoir, & à parcourir la corde B D, pendant tout le tems qu'il emploieroit à parcourir les cordes C B & B D, un corps grave, abandonné à lui-même, parcourroit un eſpace quadruple de

l'eſpace L B, ou un eſpace huit fois plus grand que la longueur du pendule AB (§. 342).

§. DCXLVII. Comme tout corps grave, ſoit grand, ſoit petit, qui ſe meut dans le vuide, tombe avec la même vîteſſe, il s'enſuit que ſi on attache à l'extrêmité B du pendule A B, un corps, ſoit grand, ſoit petit, ce pendule fera ſes vibrations dans le même tems.

§. DCXLVIII. Comme toute corde quelconque d'un même cercle, CB, FB ſont parcourues dans le même tems (§. 619), il s'enſuit que des pendules, qui font leurs vibrations en parcourant ces cordes, font toutes leurs vibrations, grandes ou petites, dans le même tems.

§. DCXLIX. Si un pendule tel que AB, qui fait ſes vibrations, parcourt de très petits arcs de cercle, les tems qu'il emploie à faire ces vibrations, ſont dans un rapport conſtant avec les tems qu'emploie un corps quelconque pour parcourir les cordes des arcs que le pendule décrit; & ce rapport eſt comme le quart de la circonférence du cercle eſt au diametre : c'eſt pourquoi les oſcillations des pendules, qui ſe font ſelon de petits arcs de cercle, ſe font ſenſiblement dans le même tems : ce que nous démontrerons plus bas (§. 657). La périphérie du cercle étant au diametre, à peu de choſe près, : : 314 : 100, le quart de la circonférence du cercle ſera au diametre : : 78 $\frac{1}{2}$: 100; par conſéquent le tems employé pour parcourir l'arc F B, eſt au tems employé pour parcourir la corde de l'arc FB, : : 78 $\frac{1}{2}$: 100 : d'où il ſuit qu'un corps grave parcourt plutôt un arc, que la corde du même arc. On remarque quelque choſe de ſemblable dans les autres courbes, ſi, à la place du rayon d'un cercle, on prend un rayon oſcillateur de ces courbes, ce qu'on démontre ſenſiblement par l'expérience; car la ligne de la plus prompte deſcente eſt une cycloïde.

§. DCL. Soit le cercle FEB [*Tab.* 16. *fig.* 5.], qui tourne ſur lui-même en parcourant la ligne D A, ce cercle, ayant fini ſa révolution, le point B de la circonférence de ce cercle aura décrit la courbe D B A, qu'on appelle cycloïde.

§. DCLI. Si cette cycloïde eſt diviſée par la moitié au point B, & que ces parties B A, BD, ſoient diſpoſées de façon que ſes extrêmités A & D, ſe réuniſſent au point C, il en réſulte la figure AC D.

Soit alors le pendule CB, dont la longueur = la moitié de la cycloïde C A, ou C D, de façon que la longueur entiere de la cycloïde ſoit deux fois plus grande que CB, & par conſéquent quatre fois plus grande que F B, qui eſt le diametre du cercle générateur; tandis que ce pendule C B, qu'on conçoit comme un fil extrêmement flexible, faiſant ſes oſcillations entre les parties de la cycloïde C A, C D, s'applique le long de la courbe AC & C D: le poids P, ſuſpendu à l'extrêmité de ce pendule, décrit la même cycloïde A B D.

§. DCLII. Si on mene S S, tangente au point P de la cycloïde; enſuite P E, parallele à la baſe; & ſi on conduit du point E, pris dans la périphérie du cercle générateur, la corde E B; cette corde E B ſera toujours parallele à la tangente SS : & la portion de la cycloïde P B ſera toujours double de la corde E B.

§. DCLIII. Comme le poids P, placé au point P de la courbe, peut être

confidéré comme s'il étoit placé fur une tangente à ce point (§. 643) ; il tendra à defcendre de ce point P avec la même force que s'il étoit placé au point E de la corde correfpondante du cercle générateur : or la corde E B eft proportionnelle à la portion de la cycloïde BP, & la force avec laquelle un corps tend à defcendre le long de la corde EB, étant égale à la corde même E B (§. 625), il s'enfuit que le corps P, placé au point P de la cycloïde, tendra à defcendre le long de la portion P B de cette cycloïde, avec une force qui fera comme la longueur de la portion P B de cette courbe.

§. DCLIV. Il fuit de-là que la vîteffe avec laquelle un corps commence à defcendre du point P de la cycloïde ABD, eft toujours égale à la portion P B de cette même cycloïde : fi on avoit donc deux pendules, placés fur différens points de cette courbe, l'un en P, l'autre en Q, ils commenceroient à fe mouvoir lorfqu'ils feroient abandonnés à eux-mêmes, avec des vîteffes qui feroient entr'elles comme les longueurs PB, QB de cette cycloïde; par conféquent fi ces pendules ne defcendoient pas avec un mouvement accéléré, en les abandonnant à eux-mêmes au même inftant, ils parcourroient, dans le même tems, les portions PB & QB, & arriveroient enfemble au point B : néanmoins parcequ'à chaque point de la cycloïde qu'ils parcourent, ils acquerent des vîteffes, qui font entr'elles comme les longueurs de la cycloïde, à commencer du point où ils fe trouvent, jufqu'au point B ; ils parcourront les portions P B & Q B dans le même tems, & ils arriveront enfemble au point B : par conféquent les ofcillations des pendules, qui fe font par des arcs de cycloïde, foit qu'elles foient plus ou moins amples, s'exécutent toutes dans le même tems.

§. DCLV. Le tems qu'un pendule, qui fe meut dans une cycloide, emploie pour exécuter une vibration, eft au tems qu'un corps grave abandonné à lui-même, emploie pour parcourir librement un efpace égal à la moitié de la longueur du pendule, comme la périphérie du cercle eft au diametre.

Suppofons qu'une cycloïde développée égale la ligne droite A B D [*Tab.* 16. *fig* 6.], felon la longueur de laquelle on conçoive qu'un corps fe meut du point A au point B, en fuivant la même loi qu'un corps grave fuiveroit en fe mouvant dans une cycloïde ; de façon que la preffion qui pouffe ce mobile de A en B, foit à celle qui le poufferoit de F en B, comme la longueur A B eft à la longueur F B.

Sur ABD, comme diametre, foit décrit le demi-cercle A H I L D, fur la périphérie duquel on conçoive qu'un corps fe meut d'un mouvement uniforme, & avec une vîteffe qui foit telle, qu'il parcoure la périphérie A H I L D dans le même tems que le premier mobile, dont nous venons de parler, parcourra la droite A B D. Dans cette hypothefe, les différentes parties de la demi-circonférence A H I L D, peuvent fervir à mefurer les inftans, & les repréfenter : maintenant des points F & C, pris dans la droite A B D, foient élevées les perpendiculaires F H & C I.

Soient prifes des portions égales, mais extrêmement petites H h, I i fur la périphérie du demi cercle & des points h & i foient abaiffées les perpendiculaires hf, ig, foient auffi conduites H l & I m, paralleles à A B D; enfin foient unis enfemble les points BH & BI.

Cela posé, qu'on conçoive qu'un mobile parcourt les parties AF & FC, dans des tems exprimés par AH & HI; alors, dans des tems aussi égaux Hh, Ii, il parcourra les parties Ff, Cg, lesquelles, étant infiniment petites, seront parcourues d'un mouvement uniforme : par conséquent les vîtesses dont jouira le mobile aux points F & C, seront entr'elles comme Ff est à Cg, qui sont entr'elles comme FH est à CI. En effet, les triangles HBF, Hhl sont semblables ; par conséquent FH : HB : : Hl : Hh. Pareillement les triangles CIB, Iim sont semblables; par conséquent CI : IB : : Im : Ii.

Or les accélérations des vîtesses, dans des tems infiniment petits & égaux, aux points F & C, sont comme les pressions qui se font sentir à ces points ; lesquelles sont comme Ih, mi; mais ih : mi : : FB : CB. Par conséquent les pressions qui se font sentir dans ces points, sont comme leurs distances au point B; & conséquemment le mobile se meut selon les loix d'un corps qui se meut dans une cycloïde : & Hh, Ii, désignent les tems pendant lesquels Ff, Cg sont parcourus, ou les parties Hh, Ii sont parcourues par un corps qui se meut d'un mouvement uniforme, selon la périphérie AHILD du demi cercle, dans le même tems que les parties Ff, Cg sont parcourues par le mobile qui se meut selon la ligne ABD; par conséquent ; si l'un de ces deux corps parvient en L, & l'autre en B, les directions sont paralleles, & les vîtesses égales.

De-là un corps, qui est mû avec une vîtesse égale à celle qu'un pendule auroit acquise au point B, parcourt, dans le tems d'une seule vibration, un demi-cercle, dont le diametre est quadruple de celui du cercle générateur : or la vîtesse acquise au point B est égale à celle qu'un corps acquerroit en tombant d'une hauteur égale au diametre du cercle générateur ; en vertu de cette vîtesse, ce mobile pourroit tomber & parcourir un espace double, = CB. Mais, muni de cette vîtesse, il pourroit, dans le tems d'une seule vibration, parcourir un demi-cercle, dont le diametre seroit quadruple du diametre FB du cercle générateur.

Or les espaces parcourus avec des vîtesses égales sont entr'eux comme les tems ; donc le tems de la chûte, selon la ligne FB, moitié de la longueur du pendule, est au tems d'une seule vibration dans la cycloïde, comme 2 FB est à la périphérie du demi-cercle AHILD, ou à la périphérie entiere d'un cercle, dont le diametre seroit = 2 FB : & par conséquent comme le diametre du cercle est à sa périphérie.

§. DCLVI. Comme la partie inférieure d'une cycloïde paroît sensiblement se confondre avec un petit arc de cercle, il suit de-là que les tems que les pendules emploient à faire de petites oscillations, quoiqu'inégales entr'elles, sont égaux : de-là si un pendule fait ses vibrations dans un très petit arc de cercle, le tems qu'il emploiera à faire une vibration, sera au tems qu'un corps grave emploiera à tomber librement d'une hauteur égale à la moitié de la longueur du pendule, comme la circonférence du cercle est au diametre.

§. DCLVII. Puisque le tems requis pour parcourir, en tombant, la la moitié de la longueur d'un pendule, est au tems requis pour parcourir, en tombant, huit longueurs de ce même pendule, : : 1 : 4 ; & que le tems

qu'un corps emploie à parcourir huit fois la longueur d'un pendule, eſt égal à celui pendant lequel un autre corps parcourroit, en deſcendant & en montant, une corde d'un cercle dont ce pendule ſeroit le rayon (§. *646*) : il ſuit de-là que le tems d'une oſcillation, ſelon un arc de cercle, eſt au tems employé à parcourir deux cordes du même cercle, comme la périphérie du cercle eſt à 4 diametres, ou comme le quart de la circonférence eſt au diametre.

§. DCLVIII. Si deux pendules A B, C D [*Tab.* 16. *fig.* 7.], différens en longueur, décrivent des arcs ſemblables B E F, G D H, les tems qu'ils emploieront à faire leurs vibrations, ſeront en raiſon ſous-doublée de leurs longueurs A B, C D.

Suivant le (§. *635*), le tems de la chûte d'un corps, par l'arc E B, eſt au tems de la chûte d'un autre corps, ſelon une courbe ſemblable, & ſemblablement placée, en raiſon ſous-doublée de E B à G D : or les arcs ſemblables ſont entr'eux comme les rayons A B & C D des cercles dont ils ſont partie ; par conſéquent le tems employé à parcourir l'arc E B, eſt à celui pendant lequel G D eſt parcouru, en raiſon ſous-doublée de A B à C D.

§. DCLIX. Le nombre des oſcillations d'un pendule, dans un tems donné, eſt réciproquement comme la racine quarrée de la longueur de ce pendule.

Le nombre des oſcillations d'un pendule eſt d'autant plus grand, dans un tems donné, que la durée de chaque oſcillation eſt plus petite ; mais la durée d'une vibration eſt comme la racine quarrée de la longueur du pendule : donc le nombre des oſcillations d'un pendule eſt réciproquement comme la racine quarrée de la longueur. Appellons le nombre des vibrations N, la longueur du pendule L, le tems T ; on aura $N = \frac{1}{\sqrt{L}}$: & comme $N = \frac{1}{T}$, on aura $\frac{1}{\sqrt{L}} = \frac{1}{T}$, ou $T = \sqrt{L}$.

§. DCLX. Il ſuit de ce que nous venons de dire, que les longueurs des pendules A B, & C D, ſont comme les quarrés des tems qu'ils emploient à faire leurs vibrations. Si le pendule A B = 4 pieds, & que le pendule C D ſoit = 1 pied, le tems que le premier emploiera pour aller de E en B, ſera à celui que le ſecond conſommera pour aller de G en D, : : 2 : 1 ; puiſque les quarrés de ces nombres ſont 4 & 1.

Le pendule qui fait une vibration à Paris dans $\frac{1}{2}$ m″, = 9 pouces 2 $\frac{1}{8}$ ligne ; celui qui fait une vibration dans le même endroit en 1 m″, = 3 pieds 0 pouces 8 $\frac{1}{2}$ lignes, ou 440, 57 lignes : celui qui ne fait qu'une vibration en 2 m″, = 12 pieds 2 pouces 10 lignes. A Leyde le pendule qui fait une vibration en 1 m″, = 440, 71183 lignes meſure de Paris.

§. DCLXI. Puiſque $N = \frac{1}{\sqrt{L}}$, on aura $NN = \frac{1}{L}$: c'eſt pourquoi ; dès qu'on connoît la longueur des pendules A B & C D, ainſi que le nombre des vibrations qu'un de ces pendules A B exécute, dans l'eſpace d'une heure,

heure, on peut déterminer le nombre de vibrations que l'autre pendule C D fera dans le même tems, puiſque la longueur du pendule C D eſt à celle de A B, comme le quarré du nombre des oſcillations du pendule A B, eſt au quarré du nombre des oſcillations que doit faire le pendule C D dans le même tems.

§. DCLXII. Chaque fois qu'il arrive qu'un horloge à pendule ne marque pas exactement l'heure, & qu'il retarde, il ne s'agit, pour obvier à cet inconvénient, que de raccourcir ſon pendule ; ſi, au contraire, cet horloge avance, il faut allonger le pendule.

Si on veut ſavoir de quelle quantité il faut allonger ou raccourcir le pendule : voici un raiſonnement qui conduit à cette connoiſſance.

Suppoſons un horloge qui avance d'une minute par jour ; de quelle quantité faut-il allonger le pendule, afin qu'il marque exactement l'heure ?

Solution. Suppoſons que la longueur du pendule $= l$; que la quantité dont il faut l'allonger $= x$; que le jour, réduit en minutes, $= n$: cela poſé, un pendule bien réglé, tel que $l + x$, exécute le nombre de ſes vibrations dans un tems $= n$; tandis qu'un autre pendule $= l$, exécute les ſiennes dans un tems $= n - 1$. Or, comme les tems des oſcillations des pendules ſont en raiſon ſous-doublée de leur longueur, on aura $n - 1 : n$ en raiſon ſous-doublée de l, à $l + x$, ou ce qui revient au même, $l : l + x$ en raiſon doublée de $n - 1$, ad n ; ou comme $nn - 2n + 1 : nn$, qui approche aſſez de $n - \frac{3}{2} : n + \frac{1}{2}$: mais, en multipliant, on a $\overline{nn - 2n + 1} \times n + \frac{1}{2} = n^3 - \frac{3}{2} nn + \frac{1}{2}$ & $\overline{nn} \times n - \frac{3}{2} = n^3 - \frac{3}{2} nn$. Or, en retirant $\frac{1}{2}$ de la premiere quantité, il n'en réſultera pas une erreur ſenſible dans le calcul, qui en deviendra plus ſimple. Ainſi qu'il ſoit permis de ſubſtituer ces quantités-ci, $:: n - \frac{3}{2} : n + \frac{1}{2}$, ou $:: 2n - 3 : 2n + 1$, on aura donc $l : l + x :: 2n - 3 : 2n + 1$, c'eſt-à-dire, qu'il faudra allonger le pendule ſelon la raiſon de $2n - 3$, à $2n + 1$. Or un jour comprend 1440 m′ ; par conſéquent $2n - 3$ doit être à $2n + 1 :: 2877 : 2881$, ou approchant $:: 719 : 720$; d'où il ſuit que la longueur du pendule, dont il eſt ici queſtion, eſt à celle qu'il devroit avoir, $:: 719 : 720$, & $x = \frac{4l}{2n - 3}$.

§. DCLXIII. La vîteſſe dont jouit un pendule, qui eſt parvenu au point le plus bas de ſa ſuſpenſion, eſt comme la ſous-tendante de l'arc qu'il décrit en deſcendant.

Suppoſons que le pendule A B [*Tab.* 16. *fig.* 8.] décrive l'arc D B, dont la ſous-tendante eſt la droite D B ; ſoit conduite la ligne D E, perpendiculaire ſur A B, la vîteſſe qu'un corps acquiert, en tombant de D en B, eſt égale à celle qu'il eût acquiſe s'il fût tombé perpendiculairement de E en B : mais la vîteſſe acquiſe en tombant du point E au point B, eſt à celle qu'un corps acquiert en tombant de G en B, en raiſon ſous-doublée de E B à G B ; c'eſt à dire, comme B D : G B. Soit pareillement conduite C F, perpendiculaire ſur A B ; alors la vîteſſe que le pendule acquiert, en tombant du point C au point B, eſt égale à celle qu'il acquerroit s'il tomboit librement du point F au point B ; & la vîteſſe acquiſe en parcourant F B, eſt à celle qu'un

mobile acquiert en tombant de G en B, en raiſon ſous-doublée de F B à G B, c'eſt à-dire, comme C B eſt à G B; par conſéquent la vîteſſe qu'un pendule acquiert, en tombant de D en B, eſt à celle qu'il acquiert, en tombant de C en B, comme la ſous-tendante D B eſt à la ſous-tendante C B.

§. DCLXIV. Si par conſéquent on tire des ſous-tendantes du point inférieur B, dont les longueurs ſoient entr'elles comme la ſuite directe des nombres 1, 2, 3, 4, &c, & qu'on les inſcrive dans le cercle; on coupera de cette maniere les arcs B 1, B 2, B 3, B 4: d'où le pendule, venant à tomber, il acquerra, au point B, des vîteſſes qui ſeront comme les nombres 1, 2, 3, 4, &c; & c'eſt de cette maniere qu'on peut donner à un corps peſant différens degrés de vîteſſe. C'eſt ſur ce principe qu'on a conſtruit la machine de percuſſion, par le moyen de laquelle on peut déterminer combien de degrés de vîteſſe on communique à un corps, & qu'on peut lui en communiquer à volonté.

§. DCLXV. Si on a deux pendules C P, c p [*Tab. 16. fig. 9.*], dont les longueurs ſoient entr'elles comme les forces de la peſanteur qui les mettent en mouvement; leurs vibrations ſeront iſochrones.

Concevons que ces pendules décrivent des arcs ſemblables P A, pa; alors les degrés de peſanteur auront toujours entr'eux le même rapport dans tous les points de ces arcs, qui ſe répondront les uns aux autres; & ils communiqueront par conſéquent à ces pendules des vîteſſes qui ſeront entr'elles comme les longueurs des pendules; c'eſt-à-dire, comme les longueurs des arcs ſemblables qui ſont parcourus dans des tems égaux.

§. DCLVI. Si les deux pendules C P, c p ſont réduits à la même longueur C P, c q; alors les tems qu'ils emploieront à faire leurs vibrations, ſeront en raiſon inverſe des racines de leurs peſanteurs.

Soit c q = C P, le tems d'une des vibrations du pendule c q ſera à celui qu'emploiera le pendule c p, pour exécuter une des ſiennes, en raiſon ſous-doublée de c q à c p; mais le tems d'une des vibrations de c p = celui d'une des vibrations du pendule C P: par conſéquent le tems d'une des vibrations de c q eſt au tems d'une des vibrations de C P en raiſon ſous-doublée de c q à c p. Or c q : c p : : la force de la gravité de C P eſt à celle de c p; par conſéquent le tems d'une des vibrations de c q eſt à celui d'une des vibrations de C P en raiſon ſous-doublée inverſe des force de la peſanteur.

On peut encore démontrer la même choſe de cette maniere. Le tems d'une des oſcillations de c q eſt au tems d'une des oſcillations de c p, : : $\sqrt{cq}$: $\sqrt{cp}$. Si on déſigne les tems par les lettres T, t, la même proportion ſubſiſtera de cette façon.

T . c q : t . c p : : $\sqrt{cq}$: $\sqrt{cp}$. Or le tems d'une des vibrations de c p eſt égale au tems d'une des vibrations de C P; par conſéquent, au lieu de t . c p, on pourra ſubſtituer t . C P, & on aura T . c q : t . C P : : $\sqrt{cq}$: $\sqrt{cp}$; & comme c q = C P, on aura T . c q : t . c p : : $\sqrt{CP}$: $\sqrt{cp}$. Mais C P, c p ſont comme les forces de la gravité; & conſéquemment T . c q : t . C P : : la racine quarrée de la gravité C P, eſt à la racine quarrée

de la gravité cp ; c'eſt à-dire, en raiſon inverſe des racines quarrées de la gravité.

§. DCLXVII. Cette propoſition eſt néceſſaire pour bien comprendre ce que j'ai dit touchant la diverſité qu'on remarque dans la force de la peſanteur en différens endroits du globe terreſtre (§. 333). Lorſque la force de la gravité augmente, un pendule, conſervant exactement la même longueur qu'il avoit auparavant, acheve ſes vibrations dans des tems plus courts ; & afin que ces dernieres vibrations ſoient iſochrones avec celles qu'il exécutoit auparavant, il faut allonger ce pendule : au contraire, lorſque la force de la gravité devient plus foible, le pendule met plus de tems à achever ſes vibrations ; & il faut le raccourcir pour lui conſerver l'iſochroniſme de ſes vibrations : de là ſi, dans un endroit quelconque de la terre, on eſt obligé de raccourcir un pendule, il faut conclure que l'effort de la gravité y eſt plus petit ; ſi tant eſt cependant que la température de l'air ſoit la même dans cet endroit que dans celui où le pendule, pour être exact, étoit plus long de la quantité dont il faut le raccourcir. Au contraire ſi, dans un autre endroit de la terre, on eſt obligé d'allonger le pendule, toutes choſes étant égales d'ailleurs, l'effort de la gravité ſera plus grand dans cet endroit.

§. DCLXVIII. Il ſuit de-là que les quarrés des tems, pendant leſquels les pendules font leurs vibrations, ſont directement entr'eux, comme les longueurs des pendules (§. *660*), & en raiſon inverſe des peſanteurs qui les font mouvoir (§. *666*). Suppoſons que les tems ſoient exprimés par les lettres T. t., les longueurs des pendules par les lettres L, l ; enfin les peſanteurs par G, g, on aura $\overline{T}^q : \overline{t}^q :: L \times g : l \times G$. Mais comme nous avons démontré (§. *666*) que $T . cq : t . CP :: \sqrt{CP} : \sqrt{cp}$, on aura, en élevant à leur quarré les tems de la proportion, ainſi que les autres termes : $T^q . cq : \overline{t}^q\, CP :: CP : cp$; mais $CP = L$, & $cp = l$, on aura donc $\overline{T}^q . cq : \overline{t}^q\, cp :: L : l$. Or $cq : CP$, en raiſon inverſe des peſanteurs, ou $:: g : G$; par conſéquent $T^q : \overline{t}^q :: L \times g : l \times G$.

§. DCLXIX. Comme, dans toute proportion géométrique, le produit des extrêmes eſt toujours égal au produit des moyens, on aura $\overline{T}^q \times l \times G = \overline{t}^q \times L \times g$. Et en ordonnant ces produits en proportion, on aura $G : g :: L \times t^q : l \times T^q$; c'eſt à-dire, que les peſanteurs ſont directement comme les longueurs des pendules, & en raiſon inverſe du quarré des tems pendant leſquels ils font leurs vibrations.

Si les tems, pendant leſquels deux pendules font leurs vibrations, ſont égaux, les efforts de la peſanteur ſeront comme les longueurs de ces pendules. Ce que nous venons de dire donne l'intelligence de la Table que nous avons placée (§. 333), dans laquelle on a déterminé les efforts de la peſanteur, en différens endroits de la terre, par la longueur d'un pendule à ſecondes.

§. DCLXX. Soit le pendule composé ABC [*T.16.F.10.*], fait d'une verge de métal, dont on cherche le centre d'oſcillation O ; l'intervalle entre le point O & le centre du mouvement C, donne la longueur OC : ſi cette longueur eſt celle

d'un pendule ſimple, ce pendule fera des vibrations qui ſeront iſochrones avec celles du pendule compoſé A B C. On trouvera ce point O, centre d'oſcillation, de la maniere ſuivante.

La ſomme des deux poids A & B, multipliée par leur diſtance au centre du mouvement C, eſt au poids inférieur A, multiplié par ſa diſtance C A, comme l'intervalle A B, qui eſt entre les deux poids B & A, eſt à la diſtance B O, entre le poids ſupérieur B & le centre d'oſcillation O; par conſéquent O B + B C donne O C, longueur du pendule ſimple, ou le centre d'oſcillation O du pendule compoſé A B C.

Soit le pendule compoſé C B A, auquel ſont attachés les deux poids B & A; qui font leurs vibrations dans des courbes ſemblables, & ſemblablement placées; puiſque le pendule C B, comme plus court, fait ſes vibrations plus promptement que le pendule C A, qui eſt plus long, & avec lequel il eſt attaché, la promptitude des vibrations du pendule C B eſt retardée par le pendule C A, & la lenteur de celles du pendule C A eſt diminuée par ſon union avec le pendule C B: par conſéquent le pendule C B, retardé par ſa jonction avec un autre, ſera iſochrone avec un autre pendule ſimple & plus long, tel que C O. Pareillement le pendule A C, dont la vîteſſe eſt augmentée par un autre pendule auquel il eſt joint, ſera auſſi iſochrone avec un pendule ſimple qui ſera plus court que lui, tel que C O. Or quelle doit donc être la longueur du pendule C O, & où doit être placé ce point O, qu'on appelle *centre d'oſcillation?*

Suppoſons que les lignes G B, F O, E A ſoient égales, & que les pendules C B, C O, C A parcourent ces lignes dans des tems infiniment petits; dans le même tems que le point O parcourt la ligne F O, le point B ne parcourt que l'eſpace B K; & par conſéquent il eſt retardé de la quantité G K: la force qui le retarde = B × G K; mais, dans ce même tems, le point A parcourt la ligne A D, & eſt par conſéquent accéléré de la quantité D E. La force accélératrice eſt donc = A × D E; par conſéquent ces deux forces ſont entr'elles : : B × K G : A × D E. Mais ces deux forces agiſſant à l'extrêmité des leviers C B, C A, leurs actions ſeront donc : : C B × K G × B, & C A × D E × A. Or ces actions ſont égales; on pourra donc les mettre en proportion, & on aura C B × B : C A × A : : D E : G K. Mais les triangles F G K, E F D ſont ſemblables; on aura donc D E : G K : : E F : F G : : A O : O B; & par conſéquent on aura C B × B : C A × A : : A O : O B; & en compoſant, on aura C B × B + C A × A : C A × A : : A O : O B, ou comme A B : B O.

§. DCLXXI. On peut encore trouver ce centre O de cette maniere. Suppoſons que C B = b, que C O = x, & que C A = a; on aura O B = x — b, & A O = a — x; & par conſéquent B b : A a : : a — x : x — b; d'où B b x — B b b = A a a — A a x, ou B b x + A a x = A a a + B b b; par conſéquent

$$x = \frac{Aaa + Bbb}{Bb + Aa}.$$

Par ce moyen on trouve le centre d'oſcillation, ſi on multiplie chaque poids par le quarré de ſa diſtance au centre du mouvement; & ſi on diviſe la ſomme des produits par la ſomme des poids multipliés par leur diſtance au centre du mouvement.

§. DCLXXII. Si un pendule ſimple eſt en mouvement, & qu'à l'extrêmité de ce pendule ſoit ſuſpendu un globe; on aura alors le centre d'oſcillation de ce pendule, ſi on prend une diſtance depuis le point de ſuſpenſion juſqu'au centre du globe, qui ſoit au demi diametre de cette ſphere, comme ce demi-diametre lui-même eſt à une autre ligne, dont les deux cinquiemes, pris depuis le centre du globe de haut en bas, ſe termineront à un point qui ſera le centre d'oſcillation de ce pendule.

Il y a encore quantité de choſes intéreſſantes ſur cette matiere, qu'il eſt même important de ſavoir: on pourra s'en inſtruire dans un excellent Ouvrage de M. *Hughens* (1), qui le premier a traité cette matiere avec diſtinction. On pourra encore conſulter là-deſſus le premier Livre des principes de la Philoſophie naturelle de *Newton*.

Car les pendules ne font pas leurs vibrations dans le vuide, comme nous l'avons ſuppoſé; mais ils ſe meuvent dans des milieux qui leur réſiſtent, comme dans l'air, dans l'eau: & ils ne parcourent pas toujours des arcs de cycloïdes, ou d'épicycloïdes internes; mais ils décrivent ſouvent de grands arcs de cercle: & pour lors il y a des différences très ſenſibles, quant aux tems, entre leurs grandes & leurs petites vibrations. Nous nous abſtenons de traiter de toutes ces choſes, en partie parcequ'elles ne ſont pas à la portée des Eleves, & en partie parceque cela nous entraîneroit dans de trop longs détails, auxquels le tems ne nous permettroit pas de nous prêter; d'ailleurs on peut s'inſtruire profondément de toutes ces choſes dans les Ouvrages des Savans que je viens de citer. Le célebre *Bernouilli* a traité auſſi cette matiere: on peut conſulter là deſſus l'Hiſtoire de l'Académie Royale des Sciences, année 1730, & l'illuſtre *Euler*, dans les Commentaires de l'Académie de Peterſbourg, Tome 4.

§. DCLXXIII. Comme l'uſage des pendules pour meſurer la durée du tems, eſt celui qui peut le mieux répondre aux deſirs de l'homme, *Hughens* imagina le premier d'adapter un pendule aux horloges qu'on vouloit rendre très exactes; & afin que les vibrations de ces pendules s'exécutaſſent dans des tems parfaitement égaux, il voulut que ces pendules fiſſent leurs vibrations en décrivant des arcs de cycloïdes. Ce fut pour parvenir à ce but qu'il fit ſuſpendre le pendule entre deux lames, qui faiſoient chacune portion d'une cycloïde, & leſquelles, dirigeant le pendule, lui faiſoient parcourir une cycloïde ſemblable.

§. DCLXXIV. Quoiqu'on fût perſuadé que les vibrations d'un pendule qui ſe meut dans une cycloïde, étoient parfaitement juſtes, & meſuroient exactement la durée du tems; néanmoins l'expérience apprit qu'un tel pendule avançoit pendant l'hiver, ſoit qu'on le conſtruisît avec du fer, du cuivre, du ſimilor. Tous ces métaux, ſenſibles aux impreſſions d'un air plus froid, ſe raccourciſſent. Le même pendule retarde en été par la raiſon contraire; parceque la chaleur le fait allonger. Pour obvier à cet inconvénient, & pour conſerver au pendule une longueur conſtante; c'eſt à dire, pour faire enſorte que les centres d'oſcillations & du mouvement fuſſent toujours à égale diſtance l'un de l'autre, *Graham* imagina le premier d'adapter

(1) De Horologio oſcillatorio.

un thermometre de mercure au pendule, & son idée étoit très ingénieuse; il pensoit par-là conserver constamment le centre d'oscillation sensiblement au même endroit; parceque, suivant lui, lorsque la chaleur, allongeant le pendule, & faisant, par ce moyen, descendre le centre d'oscillation du pendule au dessous de son véritable point, cette même chaleur faisoit monter le mercure dans le tube du thermometre; & cette quantité de mercure qui s'élevoit, portoit plus haut le centre d'oscillation, & le conservoit sensiblement au même point: d'où il imaginoit que la durée des oscillations de ce pendule demeuroit constamment la même.

§. DCLXXV. Le même *Graham* imagina ensuite un pendule d'une nouvelle construction; il joignit ensemble des cylindres de fer & de cuivre, comme on peut le remarquer dans la figure indiquée [*Tab.* 16. *fig.* 11.]: par cette construction les cylindres sont tellement disposés, que lorsque la chaleur allonge le fer, & fait descendre le centre d'oscillation, le cuivre, qui se dilate davantage, le fait remonter à sa véritable place; de sorte qu'il demeure constamment dans la même situation. Ces pendules font leurs vibrations dans un petit arc, dont l'amplitude n'est que d'un pouce. M. le Comte de *Benting* m'a communiqué un modele de ces sortes de pendules.

§. DCLXXVI. Un célebre Horloger de France, nommé *Julien le Roy*, a trouvé une méthode plus simple, que M. *Cassini* a décrite (1). Soit une verge de fer A B [*Tab.* 16. *fig.* 12.], suspendue au point A, derriere laquelle est appliquée une verge de cuivre C E, qui est attachée fermement vers sa partie supérieure C, avec la verge de fer; à ces deux regles est encore jointe une troisieme regle de fer S O, qui se termine inférieurement par une lentille de métal O, attachée à cette regle. Ces trois regles peuvent se mouvoir les unes sur les autres, & elles sont unies par des brides G H, M N. Vers la partie inférieure de ces regles saillent trois axes T, R, P, qui passent dans des trous pratiqués dans une troisieme bride.

L'observation a appris que le cuivre se dilate davantage que le fer, à un même degré de chaleur, & qu'il se condense davantage par l'action du froid; & cela suivant le rapport de 46 à 27. Cela posé, supposons un pendule exactement construit & proportionné pour mesurer la durée du tems dans une température moyenne; que la température de l'air varie, que la chaleur devienne plus grande, & suffisamment pour faire allonger le pendule & faire descendre la lentille O: dans ce cas, la regle de cuivre C E, étant plus allongée que celle de fer A B, fera descendre plus bas, par son changement, l'axe T; & par conséquent l'axe P sera élevé, & conjointement avec lui la lentille O, qui se relevera alors d'une quantité égale à celle suivant laquelle elle étoit descendue. Par ce moyen le centre d'oscillation restera à sa place, & à la même distance du point de suspension A.

Pour que cette compensation soit exacte, & que l'effet que je viens d'indiquer ait lieu, supposons que la longueur du pendule, depuis son extrêmité A jusqu'au milieu de la lentille = 39 pouces, que la verge de cuivre C I = 27 pouces; l'excès de la longueur de la regle C I, lorsqu'elle est al-

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1741. p. 485.

longée par la chaleur sur l'allongement de la regle de fer, = 46 — 27 = 19. Supposant doncque l'allongement de la regle de cuivre = I T [*T.* 17. *F.* 1.], que celui de la regle de fer = H R; on aura l'excès V T : H R : : 19 : 27; mais comme les dilatations des regles de fer sont proportionnelles à leurs longueurs, on aura O Q, allongement total du pendule, : H R : : A O : E H : : 39 : 27; & conséquemment T V : O Q : : 19 : 39. Donc les axes P, R, T doivent être placés de façon qu'on ait T R : R P : : 19 : 39; car T R : R P : : T V : V F. Donc T V : V F : : 19 : 39; mais T V : O Q : : 19 : 39 : V F, ou P X, qui mesure la quantité selon laquelle le pendule A O est plus élevé au-dessus du point R, par la dilatation du cuivre = O Q, qui mesure la quantité selon laquelle les verges de fer qui composent le pendule sont allongées par la chaleur.

La figure 2 de la même planche nous représente une autre maniere de construire un pendule, néanmoins sur le même principe que nous venons d'exposer. A C, S O sont deux verges de fer, entre lesquelles est une verge de cuivre B D, qui porte vers le point C sur une des deux verges de fer. T, R, P sont trois axes semblables à ceux dont nous avons donné la description & l'usage dans l'exposition précédente. Lorsque la chaleur dilate & allonge la verge de fer A C, la verge de cuivre s'allonge encore plus; &, par son allongement, elle éleve la verge S O: & conséquemment la lentille remonte jusqu'à la hauteur d'où elle descendroit, par l'allongement de la verge de fer. M. *Ellicot* nous a encore donné une autre méthode de construire un pendule qui conservât toujours sa même longueur (1).

§. DCLXXVII. L'expérience m'ayant appris que le bois d'Ebene, lorsqu'il a vieilli, n'étoit point sensiblement susceptible des impressions du chaud & du froid; j'ai imaginé qu'on pourroit employer avantageusement ce bois pour construire un pendule simple, fort, exact, ayantsoin néanmoins de le bien vernir, pour le garantir de l'humidité qui pourroit l'allonger : car il se raccourcit à proportion qu'il seche. On prétend que *Ridot* a encore imaginé un pendule plus simple (2).

§. DCLXXVIII. Quoique les observations que nous venons de rapporter remédient à un défaut qu'on ne pourroit éviter sans cela dans les pendules, il en est encore un autre auquel on n'a pas encore pu remédier jusqu'à présent, sur-tout dans les Pays froids. Le voici. On a coutume, & il est même indispensablement nécessaire d'huiler les pivots des horloges, ainsi que les dents des roues; afin de rendre leurs mouvemens plus libres. L'huile récemment appliquée à ces différentes parties, est plus légere, plus coulante, plus fluide : elle s'épaissit à la longue; de sorte qu'au commencement elle lubrifie parfaitement les surfaces qui doivent se mouvoir les unes sur les autres, & rend leurs mouvemens fort libres. Mais cet avantage n'est pas de longue durée; car outre qu'en s'épaississant à proportion que ses parties subtiles s'évaporent, elle se charge des parties métalliques qui se détachent par le frottement, de sorte que le mouvement des parties devient de moins en moins libre. 2°. Dans le froid elle s'épaissit encore, & elle se congele même

(1) Philosoph. Transac. Vol. 47. pag, 479. (2) Journal des Savans, ann. 1758, Septembre, pag. 103.

lorſque le froid devient âpre ; elle forme pour lors une eſpece de *gluten*, qui fait que les pivots contractent quelqu'adhérence avec les trous dans leſquels ils roulent. Il arrive la même choſe à l'engrainage des roues ; les dents des unes adherent inſenſiblement avec les dents des autres roues, ou avec les aîles des pignons ; de ſorte que, lorſque l'hiver eſt rude, les horloges commencent par retarder, & ils s'arrêtent enſuite. Le contraire arrive pendant l'été ; de ſorte que, pendant le courant d'une année, on ne peut point avoir un horloge qui marque exactement la durée du tems. Il ne paroît pas poſſible de ſe garantir d'un tel accident dans les Pays froids, à moins qu'on ne découvrît une eſpece de graiſſe qui conſervât conſtamment ſon même degré de conſiſtance ; ou à moins qu'on ne plaçât les horloges, dont on fait uſage, dans un endroit où la température de l'air fût toujours la même.

§. DCLXXIX. Lorſqu'un pendule ſeul fait ſes vibrations ſans être dirigé par un mouvement d'horlogerie, on le ſuſpend, pour l'ordinaire, dans l'air, & non dans le vuide ; la réſiſtance que l'air oppoſe à ſon mouvement, le fait retarder : de ſorte que ce pendule, élevé juſqu'à une hauteur quelconque, & abandonné à lui même, retarde dans ſa chûte, ne parvient pas auſſi promptement qu'il devroit, au point le plus bas de ſa ſuſpenſion. Ce pendule, s'élevant en ſens contraire, eſt encore retardé, & il ne remonte pas juſqu'à une hauteur égale à celle d'où il vient de deſcendre ; il meſure un plus petit arc : mais il le parcourt auſſi dans un moindre tems ; d'où il arrive que les tems de la deſcente & de l'aſcenſion ne ſont pas parfaitement égaux : mais les oſcillations entieres peuvent être priſes pour égales, le retardement arrivé, pendant la chûte du pendule, étant compenſé par le plus petit tems qu'il emploie à remonter par un plus petit arc. Plus la denſité de l'air eſt grande, plus le pendule eſt retardé dans ſa chûte ; ce qui eſt confirmé par une obſervation que fit M. *Bouguer*. Il remarqua qu'un pendule, placé ſur le ſommet de la montagne *Pichinca*, dont la hauteur = 2434 toiſes, ayant commencé à faire ſes vibrations, en meſurant des arcs, dont l'amplitude étoit de deux pouces, ne meſura plus que des arcs d'un pouce, après 22 ou 23 minutes. Cette différence, dans l'amplitude des vibrations de ce pendule, ſe fit remarquer après 14 ou 15 minutes, lorſque ce même pendule fut porté vers le rivage de la mer, où l'air eſt plus denſe que ſur le ſommet de la montagne.

§. DCLXXX. Il y a encore d'autres eſpeces de pendules compoſés, dont le centre d'oſcillation ne ſe trouve pas placé à une des extrêmités du pendule, comme nous l'avons conſidéré juſqu'à préſent ; mais dans un point intermédiaire ; de ſorte qu'il y a des poids qui ſont ſuſpendus de part & d'autre du centre du mouvement, comme on en remarque à la balance, qui a coutume de faire des vibrations autour de ſon axe. Ce ſont ces vibrations qu'il convient d'examiner. *Bernouilli* fut le premier qui traita cette matiere, que le célebre Abbé *de la Caille* a examinée après lui (1).

§. DCLXXXI. Deux poids inégaux étant donnés, A plus grand, B plus petit, attachés l'un & l'autre à une verge inflexible, & à égale diſtance

(1) Leçons élément. de Méchaniq. p. 175.

du

du centre du mouvement, trouver le centre d'oscillation K de ces deux poids? [*Tab.* 17. *fig.* 3.]

Solution. Le corps A, étant plus pesant que B, le premier, par sa chûte, élevera nécessairement le poids B; mais le mouvement du poids B ne détruira qu'une partie du mouvement du poids A, qui sera égal à la force avec laquelle le poids B sera mû: que la force qui doit naître de la gravité soit appellée U, les momens de ces deux corps seront $= U \times A \times AS$, & $U \times B \times BS$. Or comme les quantités U, AS, BS sont constantes, on peut supposer que B fait perdre au poids A une partie de sa force, de la même maniere que si B étoit transporté en A avec une gravité négative, relativement à celle du corps A: par conséquent, à la place du pendule AB, on peut supposer un autre pendule SA, qui est chargé au point A, ainsi qu'un pendule composé des deux corps $A + B$, dont les forces sont $U \times A - U \times B$, & dont la force accélératrice $= \frac{U \times A - U \times B}{A + B}$.

Mais les longueurs des pendules simples, isochrones, sont comme les forces accélératrices qui les pressent; par conséquent la longueur du pendule simple SK, isochrone avec le pendule composé SA, se trouvera, par cette proportion, $\frac{UA - UB}{A + B} : U :: SA : SK = \frac{\overline{A+B}}{A - B} \times SA$.

§. DCLXXXII. Il paroît manifestement ici, pour quelle raison une balance ne fait que de très lentes vibrations sur son axe, lorsqu'un de ses bassins est abaissé; car lorsqu'un des bassins d'une balance est abaissé, il est tel que s'il étoit plus pesant. Supposons que ce bassin $= A$, & que le bras qui le porte $= SA$; que l'autre bassin $= B$, & que $SA \times \frac{\overline{A+B}}{A - B}$, exprime la longueur du pendule simple isochrone: lequel, étant plus long que SA, exige un pendule simple plus long, qui fasse ses vibrations plus lentement. Plus $A - B$ sera petit, plus $\frac{\overline{A+B}}{A - B}$ sera grand; & de-là les vibrations de la balance se feront lentement.

CHAPITRE XIV.

Du mouvement de projection.

§. DCLXXXIII. Tout corps pesant, jetté dans le vuide, selon une ligne parallele à l'horison, ou qui forme un angle avec l'horison, jouit de deux sortes de mouvemens, dont l'un est produit par la force projectile, & l'autre par la gravité ; & conséquemment, en vertu des loix du mouvement composé, que nous avons exposées ci dessus, ce corps se mouvera toujours selon la diagonale d'un parallélogramme construit sur les deux directions des puissances qui animent le mobile.

Supposons le corps A [*Tab.* 17. *fig.* 4. 5. 6.], jetté dans la direction AH (considérée dans les trois figures indiquées) ; que cette ligne AH soit divisée en plusieurs parties égales AB, BG, GH, que ce mobile parcourt en tems égaux : dans le même tems que le corps A en vertu de la force projectile parcourra la partie AB, la gravité qui le maîtrise l'obligera à descendre. Supposons donc qu'il descende de la quantité BE ; par conséquent, dans ce premier instant de son mouvement, il sera maîtrisé par deux forces qui le dirigeront, l'une selon AB, & l'autre selon BE : pour se prêter à l'action de ces deux forces, le mobile A parcourra la diagonale AE du parallélogramme ABEK. Dans le second instant la force projectile sollicite ce même mobile à se mouvoir selon la direction BG, ou EM ; mais la gravité le détermine selon la direction MF, trois fois plus grande que BE : le mobile obéit à ses deux impressions, & parcourt la diagonale EF du parallélogramme EMSF. Dans le troisieme instant, ce mobile, encore soumis aux deux puissances indiquées, est sollicité à s'avancer, parallelement à l'horison, de la quantité FO, & à tomber perpendiculairement à l'horison, de la quantité OL, quintuple de BE ; il décrira donc la diagonale FL du parallélogramme FOLR.

§ DCLXXXIV. Toutes ces diagonales AE, EF, FL, ajoûtées les unes aux autres, ne forment point une ligne droite continue ; puisque le mouvement, selon la projectile, est un mouvement uniforme, & que celui qui a été produit par la gravité, est un mouvement accéléré : de là si la ligne AH est divisé en parties infiniment petites, & qu'on considere les diagonales des parallélogrammes infiniment petits, qui naîtront de cette division ; toutes ces diagonales, inclinées les unes aux autres, formeront une courbe qui jouira des propriétés de la *parabole* : car telle est sa nature. Si AN est l'axe de la courbe, & que KE, PF [*Tab.* 17. *fig.* 7.] soient des ordonnées à cet axe, on aura $AK : AP :: \overline{KE}^{q} : \overline{PF}^{q}$; & si an en est le diametre, & que ke, pf en soient les ordonnées, on aura $ak : ap :: \overline{ke}^{q} : \overline{pf}^{q}$. Or ceci convient parfaitement à la courbe que décrit un corps projetté ; car dans les figures 4, 5, 6, on a $AK : AP :: \overline{AB}^{q} : \overline{AG}^{q} :: \overline{KE}^{q} : \overline{PF}^{q}$.

§. DCLXXXV. Il suit de ce que nous venons de dire, que la *parabole*

peut ſervir à déterminer de quelle maniere les corps qu'on jette ſe meuvent dans le vuide; ce qui eſt le fondement de la *Baliſtique*.

§. DCLXXXVI. Si on ſe propoſe de frapper le but C [*Tab.* 17. *fig.* 8.], en lançant contre lui le corps A, & que la vîteſſe avec laquelle il eſt jetté = celle d'un corps qui tombe de la hauteur D A; on pourra déterminer de la maniere ſuivante la direction ſelon laquelle ce corps doit être jetté. Que l'on tire ſur l'horiſon la perpendiculaire A P, quadruple de A D; qu'on coupe cette ligne par le milieu au point G, & que de ce point on tire la ligne H G K, parallele à l'horiſon : ſoit enſuite tirée du point A, au but C, la ligne A C, ſur laquelle on élevera la perpendiculaire A K; que du point K, comme centre, & du rayon K A, on décrive un cercle, qui ſera coupé au point E & au point I par la droite B I, qui paſſera par le but C, & qui ſera perpendiculaire à l'horiſon A B. Cela poſé, ſi on dirige le mobile A ſuivant la ligne A E, ou A I, il frappera le point C.

En effet; dans le tems qu'un corps peſant tombe avec un mouvement accéléré, d'une hauteur exprimée par D A, il pourroit, avec la vîteſſe acquiſe au point A, parcourir, d'un mouvement uniforme, un eſpace double de D A; par conſéquent le tems employé à parcourir le double de D A, eſt à celui qui eſt requis pour parcourir A E, en ſuppoſant la même vîteſſe, comme 2 D A : A E. Mais pour atteindre & frapper le but C, il faut que le tems employé à parcourir A E ſoit égal à celui qui eſt requis pour parcourir E C; & le quarré du tems employé à parcourir D A, eſt au quarré de celui pendant lequel E C eſt parcouru d'un mouvement accéléré : : D A : E C. Or comme le tems doit être le même pour parcourir C E & A E, & que le tems requis pour parcourir, d'un mouvement uniforme, 2 D A, comparé à celui qui eſt néceſſaire pour parcourir A E, eſt dans le rapport de 2 D A à A E, les quarrés de ces tems ſeront $4\,DA^q$, & AE^q : mais de même que les quarrés de ces tems ſont entr'eux dans des mouvemens uniformes, de même les eſpaces D A & E C, parcourus d'un mouvement accéléré, ſe trouvent entr'eux. On aura donc la proportion ſuivante, $4\,\overline{DA}^q : \overline{AE}^q :: DA : EC$. Si on multiplie les extrêmes & les moyens par eux-mêmes, on aura $4\,\overline{DA}^q \times EC = \overline{AE}^q \times DA$. Diviſant enſuite ces deux quantités égales par D A, on aura $4\,DA \times EC = \overline{AE}^q$: & ordonnant ces termes en proportion, on aura $4\,DA : AE :: AE : EC$.

Il ne reſte plus maintenant qu'à démontrer que cela eſt ainſi.

Les deux triangles A P E, A C E [*Tab.* 17. *fig.* 8.] ſont ſemblables; car l'angle C E A = E A P, à cauſe des paralleles C E, A P. Pareillement l'angle C A E = A P E; par conſéquent $PA : AE :: AE : EC$, ou $PA = \frac{\overline{AE}^q}{EC}$; or $PA = 4\,DA$. Pareillement les triangles P A I, A I C ſont ſemblables; car l'angle P A I = A I C, & A P I = C A I; par conſéquent $PA : AI :: AI : IC$; & conſéquemment $PA = \frac{\overline{AI}^q}{IC}$.

§. DCLXXXVII. Si le but que le mobile doit atteindre étoit poſé ſur

l'horifon même, comme en B [*Tab.* 17. *fig.* 9.]; dans ce cas, la ligne A K fe confondroit avec la ligne A G.

§ DCLXXXVIII. Si le but étoit au point x, le mobile auroit dû être jetté dans la direction A H.

§ DCLXXXIX. La distance du point d'où part le mobile au but, s'appelle l'*amplitude du jet*.

§. DCXC. L'amplitude du jet eft autant grande qu'elle puiffe être; chaque fois que le but C, auquel on voudra atteindre, étant placé dans l'horifon, la direction A H [*Tab.* 17. *fig.* 9.], fera avec l'horifon un angle de 45 degrés C A H; mais toutes les autres directions A E, A I, dont les points E, I fe trouvent compris dans l'arc, & qui font à égales diftances du point H, intermédiaire, feront que l'amplitude du jet deviendra plus petite, & que le même point B de l'horifon fera frappé par le mobile, foit qu'on le jette fuivant l'une ou l'autre de ces deux directions.

§. DCXCI. Pour connoître le chemin que fuivra le mobile A [*Tab.* 17. *fig.* 10.], pouffé felon la direction A E, voici comment il faut procéder: la droite A E eft tangente de la parabole; la perpendiculaire A L à l'horifon M A eft le diametre; 4 D A eft le parametre de ce diametre. Or D A, étant toujours comme le quarré de la vîteffe avec laquelle un corps eft jetté, D A demeurant toujours la même, le parametre, ou 4 D A, demeurera auffi conftamment le même, fous quelque direction que le corps ait été jetté.

Si du point A, comme centre, & d'un rayon tel que A D, on décrit un demi-cercle, la circonférence de ce demi cercle fera le lieu de tous les foyers, de toutes les paraboles que pourra décrire le mobile jetté du point A avec une vîteffe qu'un corps grave, tombant de D en A, acquiert dans fa chûte. En effet, la diftance du foyer au fommet, eft toujours $= \frac{1}{4}$ du parametre qui appartient au diametre qui paffe par le point A, ou à $\frac{1}{4}$ P A. Donc tous les foyers fe trouveront dans le demi cercle dont nous venons de parler; par conféquent la direction de la force projectile, étant donnée, on peut décrire aifément la parabole.

Pour y réuffir, foit conduite la droite A Q, qui faffe l'angle E A Q = l'angle donné D A E, que la direction A E fait avec la perpendiculaire D A; & le point Q, qui coupe le demi cercle, dont A D eft le rayon, fera le foyer. Si on conduit la ligne D S, cette ligne fera la *directrice*; par le point Q foit menée Q S, parallele à D A: cette ligne Q S fera l'*axe* de la parabole; & le point R, qui tient le milieu entre les points Q & S, fera le fommet de cette parabole; & le *parametre* de fon axe fera 2 Q S, ou 4 Q R. Si du foyer Q de la parabole on conduit au point D une ligne droite Q D; cette ligne fera perpendiculaire fur la tangente de la parabole: fi vous faites paffer par la ligne A E au point N, où elle eft coupée en deux parties égales, une ligne T N R, parallele à la *directrice* D S, cette ligne fera tangente au fommet de la parabole. Enfin fi l'axe de la parabole eft S B, la ligne A B fera une *ordonnée* à cet *axe*; & la droite A M, double de A B, marquera l'*amplitude* de la *parabole*.

§. DCXCII. L'amplitude de la parabole eft toujours égale au quadruple du finus de l'angle double de celui que la ligne de direction fait avec la verticale, en prenant A G, moitié de D A, pour rayon. En effet, A M = 2 A B

$= 2$ T R $= 4$ T N. Or A M est l'amplitude de la parabole, & T N est le sinus de l'angle DGN, lequel est double de l'angle D A N; puisqu'on a pris pour rayon A G $= \frac{1}{2}$ A D : par conséquent l'amplitude de la parabole est quadruple du sinus de l'angle double de celui que la verticale forme avec la ligne de direction.

§ DCXCIII. Par conséquent la vitesse des projectiles, étant donnée, les amplitudes seront comme les sinus des angles doubles de ceux que les directions feront avec les verticales.

§. DCXCIV. Si l'angle D A N n'excede pas 45 degrés, à proportion que cet angle sera plus aigu; l'amplitude de la parabole sera plus petite : puisque le sinus de l'angle double sera plus petit, & que c'est au quadruple de ce sinus que l'amplitude de la parabole est égale. L'angle D A N, devenant nul, la parabole A R M se confondra avec la droite A D, & le corps sera porté selon cette droite; au contraire, plus l'angle D A N approchera de 45 degrés, plus la ligne T N, qui est le sinus de l'angle double, augmentera : & conséquemment l'amplitude de la parabole sera plus grande.

§. DCXCV. Comme le sinus d'un angle de 30 degrés est la moitié du sinus d'un angle de 90, les amplitudes des paraboles, formées sous 15 & 45 degrés, seront entr'elles : : 1 : 2.

§. DCXCVI. Lorsque l'angle D A N est de 45 degrés, les points Q & B tomberont au point V; point où la demi circonférence D V L coupe la ligne horisontale A M : & alors le sinus T N de l'angle double D A N sera le sinus d'un angle de 90 degrés; par conséquent T N sera égal au rayon G A. Mais, comme le rayon est le plus grand sinus, l'amplitude A M de la parabole sera autant grande qu'elle puisse être, & que puisse décrire un corps jetté du point A, avec une vitesse égale à celle qu'un corps grave eût acquise en tombant de D en A; & cette plus grande amplitude est double de D A : puisque A M $= 4$ A G $= 2$ D A; par conséquent si un corps est jetté selon une direction qui fasse avec l'horison un angle de 45 degrés, il tombera sur la ligne horisontale A M, & parcourra le plus grand intervalle qu'il puisse parcourir.

§. DCXCVII. Lorsque l'angle D A N est droit, alors D A devint l'axe de la parabole, dont le sommet est le point A, & M A $= 0$.

§. DCXCVIII. Lorsque l'angle D A N est plus grand qu'un angle droit, la courbe n'est alors qu'une portion de parabole, dont l'axe tombe à la gauche de D A.

§. DCXCIX. La vitesse avec laquelle un corps est lancé, étant donnée, ainsi que l'angle d'élévation, ou son complément D A N; on peut trouver l'amplitude A M, & la hauteur de la parabole que le mobile doit décrire.

En effet, puisque l'amplitude A M $= 2$ D A, lorsque l'angle de projection $= 45$ degrés; alors 2 D A exprime la vitesse qu'un corps grave acquiert en tombant de D en A : & pour lors il ne s'agit plus que de raisonner ainsi; de même que le rayon, ou le sinus de 90 degrés est au sinus de l'angle double N A D, de même 2 D A est à A M amplitude cherchée. L'amplitude étant trouvée, voici comment on peut trouver la hauteur : de même que le

rayon eſt à la tangente de l'angle d'élévation, de même T N, ou $\frac{1}{4}$ A M, eſt à A T hauteur cherchée.

§. DCC. L'amplitude A M étant donnée, ainſi que l'angle N A M d'élévation, on parviendra à découvrir la vîteſſe requiſe pour décrire la parabole dont l'amplitude eſt A M, en raiſonnant ainſi : de même que le ſinus de l'angle double de l'angle d'élévation, eſt au rayon, de même la moitié de l'amplitude donnée A M, eſt à A D; conſéquemment D A ſera la hauteur d'où un corps, étant abandonné à lui-même, acquerra, en tombant, la vîteſſe qu'on cherche.

§. DCCI. On peut encore trouver d'une autre maniere la hauteur D A [*Tab.* 17. *fig.* 8.].

Le but C étant donné, & ſa diſtance A C du point A de projection, étant auſſi déterminée, ainſi que l'angle C A B, que le but forme avec l'horiſon; ſi on a pareillement la direction A E, ſelon laquelle le mobile eſt lancé ſous l'angle E A C, voici comment il faut raiſonner. Puiſque l'hypothenuſe A C du triangle rectangle C A B eſt connue, ainſi que l'angle aigu C A B, on connoît les deux autres côtés A B, B C. Pareillement puiſque, dans le triangle rectangle E A B, on connoît le côté A B & l'angle aigu E A B, on connoît auſſi les deux autres côtés A E, E B; en retranchant donc B C de E B, il reſtera E C : or E C : A E : : A E : A P. Donc A D eſt la quatrieme partie; & la hauteur d'où un corps, étant abandonné, acquerroit, en tombant, la vîteſſe cherchée.

§. DCCII. La vîteſſe étant donnée, ainſi que l'amplitude de la parabole, on trouvera la direction de la maniere ſuivante.

Il faut d'abord s'aſſurer de la hauteur A D, d'où un corps grave, venant à tomber, acquerroit la vîteſſe donnée; alors on raiſonnera ainſi : comme 2 A D ſont à l'amplitude donnée, ainſi le rayon eſt au ſinus de l'angle double de celui de l'élévation; lequel angle, ou ſon complément, donne la ſolution de ce qu'on cherche.

§. DCCIII. Si on cherche quelle eſt la plus petite vîteſſe poſſible qu'on puiſſe donner au corps A [*Tab.* 17. *fig.* 11.] pour aller frapper le but C; joignez les deux points A & C par la ligne A C : ſur B C, perpendiculaire à l'horiſon A B, & prolongée, prenez C H = A C; diviſez enſuite, en deux parties égales, l'angle A C H par la ligne C K, qui rencontre la ligne A K au point K : tirez enfin du point K au point H la ligne K H, & vous aurez alors les deux triangles A C K, K H C égaux, & K H = A K; outre cela, l'angle K H C droit, par conſéquent C H, tangente du cercle A H. La perpendiculaire A G, diviſée en deux parties égales en D, donnera D A, hauteur d'où un corps grave, venant à tomber, acquerra, par ſa chûte, la vîteſſe qu'on cherche, & qu'on veut donner au mobile, ſelon la direction A H; & comme la diſtance ſera, par rapport à la vîteſſe trouvée, la plus grande diſtance poſſible, la vîteſſe ſera par-là la plus petite qu'on puiſſe donner au mobile.

Le célebre *Maclaurin* (1) & le Savant *Simſon* (2) ont traité plus amplement, & avec beaucoup de clarté, la théorie des projectiles.

(1) Philoſoph. Account. L. 2. c. 5. (2) Philoſ. Tranſac. n°. 486.

§. DCCIV. Tout ce que nous avons avancé sur cette matiere a été confirmé autrefois par les expériences de *Toricelli* & de *Reomer*, à l'aide de plusieurs globes qu'ils dirigeoient dans une direction parallele à l'horison, après les avoir fait tomber d'une certaine hauteur, ou par le moyen de différens jets d'eau. J'ai répété moi même ces expériences en suivant cette méthode, & en faisant jaillir de l'eau ou du mercure.

La machine dont on peut faire usage pour faire jaillir du mercure, selon plusieurs jets paraboliques, a été décrite par *s'Gravesande* (1). En voici une autre dont on peut faire usage pour faire des jets d'eau, même agréables à la vue.

E G [*Tab.* 18. *fig.* 1.] est une boîte de bois quadrangulaire de 4 pieds de hauteur ; elle est surmontée d'une petite boîte quatre fois plus ample B A C D : sur le contour intérieur des parois de cette boîte on trace la ligne B A C D, qui indique la hauteur jusqu'à laquelle il faut avoir soin que ce réservoir soit rempli d'eau. La hauteur A G est divisée en 5 parties égales, dont K est celle du milieu, & dont les parties K I, K L sont également distantes ; ainsi que les deux autres parties K H, & K M : à chacun de ces point de division est percé un trou, auquel on adapte un tube, qu'on peut ouvrir ou fermer par le moyen d'une vis. N O est une boîte longue, qui reçoit l'eau qui jaillit par l'orifice des tubes dont nous venons de parler ; cette boîte est surmontée d'une planche P Q R, sur laquelle sont tracées les paraboles que chaque jet d'eau doit former : l'amplitude du jet qui sort par le tube K, est la plus grande. Les deux jets qui partent de I & de L ont la même amplitude, & concourent ensemble en un point commun ; il en est de même des deux jets qui viennent du point H & du point M : tous ces jets sont dirigés, & sortent par des ajutages, selon une direction parallele à l'horison.

A la partie opposée de la même boîte E G [*Tab.* 18. *fig.* 2.], & vers son fond est attachée un cercle de cuivre, ouvert vers son centre, pour donner entrée à la partie W du tube W V ; contre ce plan on applique le cercle S, ayant soin d'interposer entre l'un & l'autre un cuir gras, afin qu'on puisse faire tourner le cercle sur le plan, sans que l'eau puisse s'écouler. Ce cercle est arrêté sur ce plan par l'anneau T, qui s'applique lui même sur le plan, par le moyen de plusieurs vis. W V est un tube de cuivre qui reçoit l'eau de la boîte dans laquelle il pénetre ; ce tube s'ouvre & se ferme, à l'aide du robinet X : l'ouverture Z, pratiquée à son extrêmité, répond à à l'axe du tube. Afin de pouvoir déterminer sous quel angle l'eau jaillit par l'orifice Z, on adapte sur le tube un quart de cercle Y, qui s'y applique par le moyen d'une vis, qui s'attache dans l'épaisseur du tube au point V [*T.* 18. *F.* 3.].

Suivant que le tube W V sera tourné, le jet qui sortira par l'horifice Z décrira différentes paraboles, tracées sur la table P Q R ; les jets qui sortiront sous un angle de 80 degrés, & ceux qui partiront sous un angle de 10 degrés, concourront ensemble dans un des points de la ligne horisontale, qui se termine en H. Ceux qui sortiront sous des angles de 70 & de 20 degrés, concourront pareillement ensemble en un point commun, ainsi que ceux qui s'élanceront sous des angles de 60 & de 30 degrés. La parabole dont

(1) Mersennus in Phaeno. Hydraul. Prop. 26.

l'amplitude ſera la plus grande, ſera celle qui ſera formée par un jet qui ſortira ſous un angle de 45 degrés.

Pluſieurs Phyſiciens ont douté ſi les corps qui ſont tombés d'une certaine hauteur, & qui ſe meuvent enſuite dans une direction parallele à l'horiſon, continuent à tomber avec la vîteſſe acquiſe pendant leur chûte, ou s'ils commencent alors à tomber avec une nouvelle vîteſſe initiale, tandis qu'ils s'avancent parallelement à l'horiſon? Mais les expériences de *Merſenne* ne laiſſent aucun doute à cet égard, & font voir que les corps qui ſe meuvent parallement à l'horiſon, après être tombés d'une certaine hauteur, commencent à deſcendre avec une nouvelle vîteſſe initiale (1).

§. DCCV. Il eſt bon de conſulter ſur cette matiere ceux qui ont écrit depuis *Galilée*, qui fut le premier inventeur de cette théorie. Ceux qui ſe ſont diſtingués ſur cela ſont *Merſenne* (2), *Toricelli* (3), *Blondel* (4), *Keil* (5), *Newton* (6). Parmi ces grands hommes, *Newton* démontra que les corps projettés, dans un milieu réſiſtant, ne décrivoient point une parabole, mais une autre courbe qui approche davantage de l'hyperbole; ce qui avoit déja été remarqué dans le mouvement des boulets vomis par des canons (7). *Benjamin Robins* (8) a voulu démontrer que cela n'avoit lieu que lorſque les corps n'étoient lancés qu'avec peu de vîteſſe; mais que lorſqu'ils étoient doués d'une grande vîteſſe, ils parcouroient d'autres courbes, lorſqu'ils étoient mus dans un fluide réſiſtant. Il prétend même que la réſiſtance de l'air eſt très grande à l'embouchure d'un canon, & qu'elle eſt telle en cette occaſion, qu'un boulet de 24, chaſſé par l'inflammation de 16 ℔ de poudre, éprouve une réſiſtance qui ſurpaſſe vingt fois le poids du boulet: joignez encore à cela que les directions des graves, qui ſont à de grandes diſtances, ne ſont point paralleles, comme on le ſuppoſe; d'où il ſuit que les corps projettés ne peuvent point décrire une parabole.

La parabole & l'ellipſe ſont deux courbes de même genre, qui different entr'elles en ce que l'ellipſe a deux foyers, qui ſont à une diſtance finie l'un de l'autre; tandis que ceux de la parabole ſont à une diſtance infinie: & par conſéquent la parabole ſe change en ellipſe, lorſque la diſtance de ſes foyers n'eſt pas infinie, & la trajectoire des corps projettés peut être regardée comme portion d'une ellipſe, dont un des foyers eſt le centre de la terre, & l'autre foyer celui qui a été déterminé par la parabole. Lorſque la vîteſſe d'un corps lancé ſelon une direction parallele à l'horiſon, ſurpaſſe de beaucoup l'effort de la gravité, & que les deux foyers de l'ellipſe concourent au centre de la terre; ce corps ſera mû circulairement autour de la terre, & ne tombera jamais ſur ſa ſurface. Mais pour bien entendre cette théorie, il faut voir tout ce qu'ont écrit ſur cette matiere *Jacques Bernouilli* (9), *Joh. Bernouilli* (10), *Varignon* (11), *Euler* (12), *Daniel Bernouilli* (13), *Graw* (14).

(1) Element. Phyſ. (2) In Phæno. Hydraul. Prop 22. p. 15. & in Phæn. Balliſticis. (3) De Motu Proiect. L. 2. in Oper Geom. (4) L'Art de jetter les bombes. (5) Introd. ad veram Phyſ. Lect 16. (6) Philoſ. Nat. Lib. 2. Sect. 1. & 2. præcipuè Comment. ad Lib. 2. Sect. 2. Prop. 10. p 115, &c (7) Merſennus in Balliſtica, p. 85. (8) Treatiſe of Gunnery (9) Operum Vol. 1. pag 312. Vol. 2. p. 973. (10) Acta Erudit. ann. 1719, 1721. (11) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1708 & 1709. (12) Mechaniq. T. 1. cap. 6. & in notis ad Lib. B. Robins. (13) Comment. Petropol. Tom. 2. (14) Treatiſe of Gunnery.

§. DCCVI.

§. DCCVI. Il faut, dans la baliſtique, connoître les forces dont jouiſſent les boulets que les bouches à feu vomiſſent ; ces forces ſeront différentes, ſuivant la quantité de poudre enflammée qui les pouſſera. 2°. Suivant le degré de force de cette poudre. 3°. Suivant qu'elle aura été plus ou moins bourrée. 4°. Suivant que la bouche à feu ſera plus ou moins échauffée. 5°. Suivant que le métal ſera plus ou moins élaſtique, & que la bouche à feu peſera plus ou moins, & réſiſtera différemment. 6°. Suivant la diſtance qu'il y aura entre la bouche à feu & l'endroit où le boulet doit frapper. 7°. Suivant que la réſiſtance de l'air que doit traverſer le boulet ſera plus ou moins grande. 8°. Enfin ſuivant que le boulet ſera fait de tel ou tel métal, & peſera plus ou moins.

§. DCCVII. Il ſuit de ce que nous venons de dire qu'on ne peut pas réduire à un calcul mathématique les forces que pluſieurs effets nous indiquent ; il eſt bon néanmoins de connoître tout ce que le célebre *Greaves* a tenté ſur cette matiere, & dont il a donné le détail dans les Tranſact. Philoſ. n° 173. pag. 1090. Vol. 15.

1°. A la diſtance de 200 aunes, ou de 600 pieds d'un canon, on avoit placé trois buts de bois ; le ſecond étoit placé à 14 aunes, ou à 42 pieds du premier, & le troiſieme à 8 aunes, ou à 24 pieds du ſecond.

L'épaiſſeur de chaque but étoit de 19 pouces, dont 13 étoient la véritable épaiſſeur du bois, au devant & par derriere duquel on avoit adapté de petites ſolives de 3 pouces d'épaiſſeur, unies entr'elles, & avec la principale piece, avec des ferremens ; le tout étoit enfoncé profondément en terre. On prit une bouche à feu de fer, de l'eſpece de celle qu'on appelle *demi-canon*, dont le poids étoit = 3500 ℔ ; on la chargea avec un boulet de fer du poids de 32 ℔, & avec 10 ℔ de poudre ; le boulet, étant lancé, perça les deux premiers buts, & s'implanta entierement dans le troiſieme : le bois n'avoit point été échauffé par cet effort qu'il avoit ſupporté. Lorſque la charge n'étoit que de 9 & même 8 ℔, on remarquoit encore le même effet. L'ame de la bouche à feu étoit cylindrique.

2°. On prit une autre bouche à feu, dont l'ame étoit conique, & dont le poids étoit = 3600 ; on la chargea d'un boulet de fer de 32 ℔ de poids & de 7 ℔ de poudre ; dans ces trois expériences, on remarqua conſtamment le même effet.

3°. On prit une bouche à feu, connue ſous le nom de *coulevrine*, dont le poids étoit = 5300 ℔, & dont l'ame étoit conique ; on la chargea d'un boulet de 18 ℔, & de 10 ℔ de poudre : une autre fois de 9 ℔, & après cela de 8 ℔ ; avec cette derniere charge le boulet perça les deux premiers buts, & s'implanta dans le troiſieme, qu'il atteignit ſeulement, lorſque la bouche à feu étoit chargée de 10 & de 9 ℔ de poudre.

4°. On prit encore une bouche à feu de même eſpece, dont le poids étoit = 3580 ℔ ; on la chargea d'un boulet de 18, & de 9 ℔ de poudre : le boulet perça les trois buts, & s'enfonça en terre à la profondeur d'un pied. Le même boulet, pouſſé par une charge de 8 ℔ de poudre, perça les deux premiers buts, & s'implanta de 7 pouces de profondeur dans le troiſieme.

5°. On prit une bouche à feu, nommée *demi-coulevrine* ; elle chaſſa un

boulet de 9 ℔ avec 4 ℔ de poudre : & ce boulet perça le premier but ; & s'implanta dans le ſecond.

6°. On prit encore une bouche à feu de même eſpece, mais d'airain, & elle lança un boulet de 9 ℔, étant chargée de 4 ℔ de poudre, & le boulet perça les deux premiers buts. La même piece, n'étant chargée que de 3 ℔ de poudre, produiſoit encore le même effet. *S. Julien* aſſure que des boulets de canon s'enterrent encore à 600 pas de diſtance, à la profondeur de 9, 10, 11, 12, 13 pieds.

Connoiſſant la fermeté du bois de chêne, j'imagine que la force d'un boulet de 6 pouces de diametre = 666358 ℔.

Les boulets de canon pénetrent juſqu'à 5 pieds de profondeur dans les murailles de brique; ces effets néanmoins dépendent de la plus petite, ou de la plus grande quantité de poudre, dont on charge les bouches à feu qui les vomiſſent : ſouvent le poids de la poudre eſt à celui du boulet : : 1 : 2. Mais lorſqu'on veut abattre quelques pieces de fortification, la proportion de la poudre au boulet eſt : : 1 $\frac{1}{2}$: 2, ou : : 2 : 2.

§. DCCVIII. Comme les boulets que lancent les bouches à feu, ainſi que les balles que chaſſent les fuſils, ne ſuivent pas exactement la direction qu'on leur donne; mais qu'ils deſcendent en vertu de la peſanteur qui les maîtriſe, on ne peut point atteindre le but qu'on veut frapper, à moins qu'on ne dirige ſon coup un peu plus haut; afin que la balle, deſcendant pendant le trajet qu'elle doit faire, atteigne exactement le but qu'on ſe propoſe de toucher. C'eſt pour cela qu'on place vers la croſſe du fuſil une eſpece de pinule A B [*Tab.* 17. *fig.* 13.], plus élevée que l'extrêmité antérieure G du canon, où eſt placée la bouche D de cet inſtrument. La ligne qui paſſe par ces deux points B & G, s'appelle ligne de *mire*; elle fait que nous voyons le but en C, tandis que la balle eſt dirigée en E : mais tandis que cette balle fait le trajet pour arriver du point D au point E, elle deſcend de la quantité E C, & elle frappe le point C. Il faut néanmoins obſerver que plus l'objet que vous voulez frapper eſt éloigné, & plus la pinule doit être élevée : c'eſt auſſi pour cela que ceux qui ſe ſervent de *carabines*, qui portent juſqu'à 1500, ou même 2000 pied, placent vers la croſſe de leur arme des pinules de différentes hauteurs; & ils font uſage des plus élevées, lorſque l'objet qu'ils veulent atteindre eſt à une plus grande diſtance.

On eſt dans l'uſage de faire la *culaſſe* des armes à feu plus épaiſſe que le reſte du canon; parceque c'eſt contre cette partie que la poudre enflammée fait un plus grand effort, la force élaſtique diminuant à proportion de l'eſpace que la poudre parcourt pour ſe débander : c'eſt pour cela qu'il n'eſt pas néceſſaire que la partie antérieure, ou l'extrêmité du canon, ſoit fort épaiſſe.

Mais les bouches à feu qui vomiſſent du canon, ne vont pas toujours en décroiſſant également d'épaiſſeur, depuis la culaſſe juſqu'à la bouche; ſouvent cette partie eſt entourée d'une bride fort épaiſſe de métal : c'eſt pourquoi on ne pourroit pas parvenir à pointer exactement ces ſortes d'inſtrumens, en faiſant uſage des pinules dont nous venons de parler. C'eſt pour remédier à cet inconvénient qu'on fait entrer dans la bouche du canon un

cylindre qui s'ajuste exactement à la capacité de la bouche à feu; & qu'à l'autre extrêmité de ce cylindre on adapte un demi-cercle A G D [*Tab.* 17. *fig.* 12.], divisé par degrés, au centre C duquel pend l'aplomb C F; alors l'angle G C F = A R H, que l'ame du canon fait avec l'horison R H: car l'angle D C F + G C F = 90 degrés, l'angle C R H + R C F = 90 degrés; donc l'angle G C F = C R H, qui est l'angle que le canon fait avec l'horison. D'autres se servent d'autres moyens.

§. DCCIX. Le canon dont on fait usage sur terre est monté sur un affut fort élevé; & au contraire celui dont on fait usage sur mer est établi sur un affut très bas. On peut piquer un canon horisontalement: & dans ce cas le boulet sera bientôt enfoui, & l'amplitude du jet sera la plus petite qu'elle puisse être. On peut aussi pointer le canon sous un angle de 45 degrés; & dans ce cas l'amplitude du jet sera autant grande qu'elle puisse être: chaque angle donne une amplitude différente. *Wolf*, dans ses Elémens de Pyrothecnie, a dressé une Table des amplitudes des jets, reconnue d'après l'expérience: on peut consulter cette Table; le poids de la poudre est en raison sous-doublée de la pesanteur du boulet.

§. DCCX. Il paroît, en consultant la Table que je viens d'indiquer, qu'il arrive souvent que les boulets les plus pesans sont portés à de plus grandes distances que ceux qui pesent moins; cependant il faut observer que les boulets de 18 ℔ que lancent les coulevrines sont ceux qui parviennent à la plus grande distance. La solidité des boulets est comme le cube de leur diametre; la résistance de l'air est comme leur surface, ou comme le quarré de leur diametre: mais les surfaces, comparées aux solidités, sont en raison inverse des diametres; c'est pourquoi les plus petits boulets éprouvent une plus grande résistance de la part de l'air qu'ils tendent à diviser: & par conséquent ils perdent plus vîte de la vîtesse qu'on leur a communiquée; & ils ne parviennent pas à une si grande distance. Il paroît néanmoins ici que les boulets de 18 ℔, chassés par une coulevrine dont la longueur est de 30 calibres, donnent un *maximum*.

§. DCCXI. On fait des canons d'une si grande longueur, que la poudre, quoiqu'elle ne s'enflamme que successivement, a néanmoins le tems de s'enflammer entierement avant que le boulet soit sorti du canon: cette idée n'est pas dépourvue de justesse; car le boulet ne reçoit aucune force de la poudre qui reste dans le canon, lorsqu'il sort, & qui n'est pas encore enflammée. Cependant il est bon d'observer que la trop grande longueur d'un canon nuit à l'effet qu'on en doit attendre; car quoique toute la poudre s'enflamme dans un long canon, & agisse contre le boulet, néanmoins le mouvement & la force du boulet éprouvent quelque déchet, lorsqu'il est obligé de frotter contre la longueur de ses parois, & il sort avec moins de vîtesse qu'il sortiroit d'un canon plus court: ce fut pour cela que, sous le Prince *Maurice*, ceux qui étoient chargés de la construction des canons, en firent couler de très longs; mais qu'ils les couperent ensuite, en consultant l'expérience, à la longueur qui leur parut la plus avantageuse. De toutes les longueurs qu'on peut donner à un canon, celle qui me paroît préférable, est celle qui est telle, que la poudre est entierement enflammée lorsque le bou-

let se trouve à l'embouchure. Des canons, construits sur ce principe, portent beaucoup plus loin que tout autre.

§. DCCXII. Lorsqu'on met le feu à un canon, qui n'est chargé qu'à poudre, ou qui, outre cela, porte un boulet, l'explosion fait reculer le canon de quelques pas. Plus le canon & son affut pesent, moins il recule; moins ils pesent, & plus il recule : il recule lorsqu'il n'est chargé qu'à poudre; parceque la poudre, en s'enflammant, déploye son action en toutes sortes de sens. L'air qui répond à l'embouchure du canon résiste à l'explosion de la poudre; & vers la culasse toute la partie postérieure du canon résiste, & conséquemment tout le canon, & ce qui en dépend, dont l'ensemble ne forme qu'une seule & même masse. La résistance que l'air oppose à l'explosion de la poudre, est la mesure de celle qu'oppose à cette même explosion le canon; lequel, en vertu de cette résistance, est poussé en arriere, & recule : mais lorsque le canon est chargé d'un boulet de fer, ce boulet oppose aussi son inertie à la poudre, qui le pousse par son inflammation; de sorte que l'élasticité de la poudre embrasée, se déployant en deux sens opposés, & agissant également de part & d'autre, pousse le canon en arriere, avec une force égale à celle avec laquelle elle chasse devant elle le boulet, ainsi que l'air qui répond à l'embouchure du canon. Or supposons maintenant que l'effort de la poudre $= 2a$, que le poids du canon $= t$, & que celui du boulet soit $= g$, la vîtesse avec laquelle le canon sera repoussé en arriere, sera $= \frac{a}{t}$; & celle qui portera le boulet en avant sera $= \frac{a}{g}$. Ces deux vîtesses seront donc entr'elles : : t : g. Par conséquent si le poids du boulet = 24 ℔, & que celui du canon = 6400 ℔, la vîtesse du boulet sera à celle du canon : : 266 : 1. D'où il suit que si le boulet parcourt 600 pieds dans une seconde, le canon ne reculera dans ce même tems que de $2 \frac{17}{64}$ de pieds, & par conséquent reculera très lentement.

§. DCCXIII. Si le canon est arrêté & disposé de façon qu'il ne puisse reculer, ni se mouvoir, soit à droite, soit à gauche; lorsqu'on y met le feu, il fait effort pour aller en arriere, & cet effort brise souvent les ferremens qui passent dans ses oreilles : & il arrive alors qu'il tourne d'un côté ou d'un autre; parceque toute la force, se portant alors contre le boulet, les parois du canon ont à soutenir cet effort.

Si un canon, qui est disposé de cette maniere, est fortement attaché sur son affût, & qu'il soit solidement arrêté sur l'endroit où il est piqué; lorsqu'on y met le feu, toutes les parties du canon en sont ébranlées violemment.

Il arrive ordinairement que, lorsqu'on met le feu à un canon, ce canon se porte un peu à droite, ou à gauche, & que le boulet suit la même route; ce qui vient de ce qu'il faut nécessairement que le diametre du boulet soit plus petit que celui du calibre du canon : or comme la surface de ce boulet n'est pas parfaitement poli, mais qu'elle est remplie de petites aspérités; & outre cela, comme ce boulet n'est pas exactement rond, en parcourant la

longueur du canon, il se porte à droite & à gauche contre les parois du canon, qui le repoussent. Mais lorsqu'il est parvenu vers l'embouchure, la derniere secousse qu'il donne d'un côté ou d'un autre contre les parois, fait que ce boulet s'échappe à droite ou à gauche, & qu'il ne reste plus dans la même ligne; cette même secousse repousse le canon en arriere, & l'oblige à tourner un peu sur le côté. Ne pourroit-on pas remédier à cet inconvénient, ou même l'empêcher tout-à-fait, en donnant aux boulets une figure parfaitement sphérique, & en les polissant, comme on a déja commencé à le faire depuis peu. Alors les plus gros boulets, s'ajustant parfaitement au calibre des canons, pourroient être portés plus exactement contre les endroits qu'on voudroit frapper?

§. DCCXIV. Les bouches à feu qu'on nomme *mortiers*, sont construits suivant les mêmes principes; on leur fait jetter de la même maniere des bombes, des grenades: mais comme les bombes sont creuses, & qu'elles ne pesent pas tant que si elles étoient solides, ainsi que les boulets de canon. La charge de poudre qu'on met dans les mortiers est aussi plus petite; elle a coutume d'être $\frac{1}{30}$ du poids de la bombe. Le célebre *Belidor* a traité d'une maniere très curieuse & très savante tout ce qui concerne les mortiers, les bombes, les charges de poudre qu'il faut employer, &c. Toute cette doctrine est renfermée dans un excellent Ouvrage, qu'il a intitulé: *Le Bombardier François*.

On peut sur-tout consulter sur la Balistique, *Mersenne*, *Micth*, *S. Julien*, *Surriry de S. Remy*, *Blondel*, *Belidor*, *Wolfs*, &c.

CHAPITRE XV.

Des forces centrales.

§. DCCXV. Un corps mû circulairement par une puissance quelconque, acquiert un mouvement que son inertie conserve; de-là si on l'abandonne à lui-même, tandis qu'il circule encore, il continue à se mouvoir dans une ligne droite, qui est tangente du point du cercle où il a été abandonné: car le point du contact de cette ligne, & celui de la périphérie du cercle, appartiennent à la même ligne droite; ou la tangente & le point de la courbe forment une même ligne droite, en considérant les lignes comme infiniment petites. C'est ainsi qu'une pierre, placée dans une fronde, & qui tourne avec elle, s'échappe par une tangente du cercle qu'elle décrit, lorsqu'on vient à abandonner un des bouts de la fronde; & tant que cette pierre, contenue dans la fronde, se meut circulairement, elle fait un effort continuel pour s'échapper par la tangente de chacuns des points du cercle qu'elle décrit: outre cela, tandis que cette pierre circule, elle tire la main qui la retient autour du centre de son mouvement. Cette force que la pierre exerce contre la main, & en vertu de laquelle elle tend à s'échapper, &

ſelon laquelle elle s'échappe réellement du centre de ſon mouvement, lorſqu'on l'abandonne à elle-même; cette force, dis-je, eſt appellée *force centrifuge.*

§. DCCXVI. L'effort que fait la main qui tient la fronde pour retenir la pierre autour du centre de ſon mouvement, & pour l'empêcher de s'en échapper, ſe nomme *force centripete.* Ces deux forces, la force centrifuge & la force centripete, ſont connues ſous le nom commun de *forces centrales.*

§. DCCXVII. Un corps ne peut ſe mouvoir autour d'un centre, ou dans une courbe quelconque, qu'il ne ſoit maîtriſé par plus d'une puiſſance. En effet ſoit le centre C [*Tab.* 19. *fig.* 1.], & le corps A, mû circulairement : ce corps, étant parvenu à la derniere portion de la courbe A, s'il étoit abandonné à lui-même, il continueroit à ſe mouvoir ſelon la même direction, & il ſuivroit la tangente AB; mais ſi, lorſqu'il eſt parvenu au dernier point de la courbe A, il ſurvient une autre cauſe qui oblige ce mobile à ſe porter de la quantité BE vers le centre C, il décrira alors la courbe AE : mais étant parvenu au point E, il continuera alors à ſe mouvoir ſelon la tangente EF; ſi, tandis qu'il fait effort pour parcourir EF, il vient à être pouſſé par une autre cauſe vers le centre C, il décrira pour lors la courbe EG : d'où il paroît manifeſtement que pluſieurs cauſes doivent concourir enſemble pour faire mouvoir un corps autour du centre C.

§. DCCXVIII. Si le corps A [*Tab.* 19. *fig.* 2.] eſt porté dans une ligne courbe autour du centre C avec une force qui le ſollicite continuellement vers ce centre; il bordera des ſurfaces qui ſeront proportionnelles aux tems.

Suppoſons que le corps A parcourt la ligne AB dans un inſtant donné, dans l'inſtant ſuivant & égal au premier, il parcourra la ligne $BL = AB$; mais que, dans ce ſecond inſtant, il ſoit animé d'une autre force qui le ſollicite vers le centre C de la quantité LD, parallele à BC, il parcourra alors, avec le mouvement compoſé dont il jouira, la ligne BD : ſi on tire les lignes CA, CB, CL, CD, on aura le triangle CBA, parfaitement égal au triangle CBL, lequel eſt égal au triangle BDC, comme ayant même baſe, & étant compris l'un & l'autre entre les mêmes paralleles. Or les triangles CBA, CBD ſont les eſpaces que le mobile A borde autour du centre C : pareillement le mobile mû ſelon la ligne BD continueroit à ſe mouvoir, & parcourroit la ligne DE; mais comme il eſt porté en même-tems vers le centre C de la quantité EF, dont la direction eſt parallele à DC, il parcourra la ligne DF, & bordera le triangle $DFC = DEC$; & par conſéquent, en tems égaux, il bordera des eſpaces égaux, ou des triangles égaux ABC, BDC, DFC, FHC; par conſéquent les eſpaces bordés dans des tems doubles ſeront doubles, triples dans des tems triples; c'eſt-à-dire, que les eſpaces bordés ſeront proportionnels aux tems.

Si AB, BD, DF ſont des lignes infiniment petites, elles feront portion d'une courbe, à laquelle on pourra appliquer ce que nous avons démontré.

§. DCCXIX. La propoſition inverſe de celle que nous venons de démontrer eſt également vraie. Lorſqu'un corps mû autour d'un autre corps, borde

des eſpaces proportionnels aux tems, il eſt porté vers ce corps, autour duquel il ſe meut, par une force centripete.

Suppoſons qu'en tems égaux le corps A borde des eſpaces égaux ABC, BDC : alors ſi on prend BL = AB, & qu'on tire les lignes LD, LC, on aura le triangle ABC = BLC; mais, par la ſuppoſition, on avoit le triangle ABC = ADC : donc le triangle BLC = BDC. Or comme ces deux triangles ont une baſe commune, & qu'ils ſont compris entre les mêmes paralleles DC & LD, le mobile ne peut être dirigé ſelon LD, qu'il ne tende vers C, ainſi que s'il étoit dirigé ſelon BC.

§. DCCXX. Si le corps A [*Tab.* 19. *fig.* 3.], étant mû autour du centre C, eſt retiré vers ce centre de la quantité DB, dans le même tems qu'il parcourroit la tangente AD, de ſorte qu'il ſoit au point B également diſtant du centre C, qu'il l'étoit au point A, ce mobile décrira un arc de cercle AB : & s'il continue à ſe mouvoir uniformément avec la même vîteſſe, & qu'il ſoit toujours retiré vers le centre C par une même force centripete, de ſorte qu'il ſoit continuellement à égale diſtance du point C; ce mobile décrira un cercle, & retournera au point A d'où il étoit parti.

§. DCCXXI. On peut déterminer de différentes façons la force centrifuge. Si le corps A [*Tab.* 19. *fig.* 3.], mû circulairement autour du centre C, étant abandonné à lui-même, décrivoit la tangente AD, tandis qu'il parcourt l'arc de cercle AB; ce mobile pour lors s'éloigneroit du centre de ſon mouvement de la quantité BD, & cette ligne BD, égale à la ſécante de l'arc décrit, abſtraction faite du rayon, exprimeroit la force centrifuge du corps A.

§. DCCXXII. On peut encore déterminer la force centrifuge de cette maniere : ſoit l'arc infiniment petit AB [*Tab.* 19. *fig.* 4.]; comme infiniment petit, il pourra être regardé comme une ligne droite = AD, qui eſt ſa tangente : on pourra, par la même raiſon, regarder ED comme parallele à EA; par conſéquent BD, qui exprime de combien le mobile A s'éloigne du centre, exprimera la force centrifuge de ce mobile. Si du point B on tire BI perpendiculaire ſur EA, on aura AI = BD; mais EA : AD : : AD : BD, puiſque les triangles EAD & ADB ſont ſemblables; car l'angle EAD eſt droit & égal à l'angle ABE : par conſéquent l'angle ABD ſera droit auſſi, & l'angle ADB eſt commun aux deux triangles; donc le troiſieme angle AED = DAB, & les deux triangles EAD, ABD ſont ſemblables : pareillement les triangles EAB, ABI ſont auſſi ſemblables; car l'angle EBA eſt droit, & égale AIB : l'angle EAB eſt commun à l'un & à l'autre triangle; par conſéquent le troiſieme angle AEB, = ABI, & les deux triangles étant équiangles, ſont ſemblables : on aura donc auſſi EA : AB : : AB : AI; & par conſéquent $AI = \frac{\overline{AB}^2}{EA}$: c'eſt pourquoi la force centrifuge BD ſera égale au quarré de l'arc décrit AB, diviſé par le diametre EA du cercle.

§. DCCXXIII. Le tems qu'un mobile emploie à décrire toute la périphérie du cercle, s'appelle *tems périodique*.

§. DCCXXIV. Ce tems dépend de la vîteſſe du mobile; & il eſt, par

rapport à deux corps qui décriroient la même courbe, avec des vîtesses différentes, en raison inverse de leurs vîtesses.

§. DCCXXV. Il suit de-là que la force centrifuge peut encore s'exprimer d'une autre maniere. En effet si deux corps décrivent des cercles avec un mouvement uniforme, les arcs que ces corps décriront, dans un tems donné, seront entr'eux comme les vîtesses des corps qui les décriront; par conséquent, dans l'expression $\frac{\overline{AB}^q}{EA}$, dont nous venons de faire usage (§.722), au lieu de l'arc AB, on peut prendre la vîtesse qu'on exprimera par C; & pour lors on aura $\frac{\overline{AB}^q}{EA} = \frac{CC}{EA}$.

§. DCCXXVI. Supposons deux corps, & que la vîtesse de l'un soit désignée par C, & la vîtesse de l'autre par c : que le diametre du cercle, que décrit le premier de ces deux corps soit $= AE$, & que le diametre de l'autre cercle $= ae$; les forces centrales de ces deux corps seront $\frac{CC}{AE}$, $\frac{cc}{ac}$. Supposons que ces forces soient égales, on aura alors $AE : ae :: CC : cc$; ou bien comme les diametres des cercles sont entr'eux, ou comme les distances des corps au centre des cercles, sont entr'elles; de même les quarrés des vîtesses seront directement entr'eux.

§. DCCXXVII. Comme les tems périodiques sont en raison directe des cercles que les corps décrivent, & en raison inverse des vîtesses, supposons que ces tems soient désignés par T, t, les cercles par O, o, les vîtesses par C, c; & comme les cercles sont entr'eux comme leurs diametres ou leurs rayons, appellons ces derniers R, r : on aura donc $T : t :: Oc :: oC$. A la place des cercles substituons les rayons R, r; on aura $T : t :: Rc ; rC$; & en multipliant les extrêmes & les moyens par eux-mêmes, on aura $TCr = tcR$, & $C : c :: tR : Tr$.

Mais nous avons démontré ci-dessus que la force centrale étoit $= \frac{CC}{AE}$: or comme $C = tR$, & $c = Tr$, on aura $\frac{CC}{AE} = \frac{ttRR}{R} = ttR$, & $\frac{cc}{ae} = \frac{TTrr}{r} = TTr$; &, divisant chaque quantité par $ttTT$, on ne changera point les rapports, qui seront alors $\frac{ttR}{ttTT} = \frac{R}{TT}$ & $\frac{TTr}{ttTT} = \frac{r}{tt}$, qui exprimeront les forces centrifuges; & comme $TCr = tcR$, on aura $T : t :: cR : Cr$. Et en divisant la derniere raison par Cc, on aura $T : t :: \frac{cR}{cC} : \frac{Cr}{Cc}$, ou $T : t :: \frac{R}{C} : \frac{r}{c}$, ou les tems sont entr'eux en raison des rayons divisés par leurs vîtesses.

§. DCCXVIII. De-là si on nomme V, v les forces de deux corps, alors (§. 727) on aura $V : v :: \frac{R}{TT} : \frac{r}{tt}$; & par conséquent $V : v :: Rtt : rTT$,

ou

ou les forces centrales seront en raison directe des rayons des cercles, que les corps décrivent, & en raison inverse des quarrés des tems périodiques.

Et en divisant la derniere raison par R r, on aura $V : v :: \frac{tt}{r} : \frac{TT}{R}$.

§. DCCXXIX. Si les forces centrales sont égales, en supposant la proportion suivante, $V : v :: \frac{tt}{r} : \frac{TT}{R}$, on aura $Rtt = rTT$; & par conséquent $R : r :: TT : tt$; & de-là $\sqrt{R} : \sqrt{r} :: T : t$.

Ou si les forces centrales de deux corps qui décrivent des cercles inégaux sont égales, le tems qu'un de ces corps emploiera à parcourir le plus grand des deux cercles, sera au tems que l'autre corps emploiera à parcourir le sien, en raison sous-doublée du rayon du grand cercle au rayon du petit.

§. DCCXXX. Les forces centrales de deux corps inégaux, & mus avec la même vîtesse, & à égale distance du centre, sont entr'elles comme les grandeurs ou les poids de ces corps.

Soit le corps A double en masse du corps B; que ces deux corps A & B, placés à égales distances du centre de leurs mouvemens, soient mus dans des tems périodiques égaux : alors le corps $A = 2B$. On pourra donc concevoir A comme divisé en deux parties égales, dont chaque partie aura la même force centrale que B; par conséquent la force centrifuge de A sera à celle de B, comme la masse de A est à la masse de B. On prouvera cette vérité si on prend deux tubes de verre, & que l'un des deux soit à moitié rempli d'esprit de vin, & l'autre pareillement rempli de mercure; ou si on met dans le même tube une certaine quantité d'esprit de vin & de mercure : si on pose ensuite ce tube dans une situation inclinée à l'horison, & qu'on le fasse mouvoir circulairement, le mercure s'élevera au haut du tube, au-dessus de l'esprit de vin, qui pese moins; ou si on renferme dans un même tube de l'esprit de vin & une petite balle de liege, laquelle, comme plus légere, surnage : si on fait tourner ce tube circulairement, l'esprit de vin prendra le dessus, & précipitera la boule au bas du tube.

§. DCCXXXI. Si des corps égaux en masse ont un même tems périodique, mais qu'ils soient placés à différente distance du centre, leurs forces centrales seront entr'elles comme leur distance au centre.

Supposons que le corps A [*Tab.* 19. *fig.* 5.] emploie le même tems à parcourir le cercle AFNA, que le corps B emploie à parcourir le cercle BIMB. Que ces deux corps partent ensemble des points A & B, le corps A sera au point F, lorsque le corps B sera arrivé au point I. Ayant donc conduit les tangentes AD, BH; la force centrale du corps A sera $= DF$, & celle du corps B sera $= HI$; & on aura $HC : CB :: DC : CA$; conséquemment $HC - CB : CB :: DC - CA : CA$; donc $HC - CB : DC - CA :: HI : FD :: CB : CA$.

Ou comme on a, par le §. 727, $V : v :: \frac{R}{TT} : \frac{r}{tt}$; en supposant $T = t$, on aura $V : v :: R : r$.

§. DCCXXXII. Par conséquent si le corps B est au corps A :: A C:

BC, c'est-à dire, en raison inverse des distances, les forces centrales seront égales.

§. DCCXXXIII. Si deux corps, A & B [*Tab.* 19. *fig.* 6.], égaux en masse, sont à égales distances du centre du mouvement AC & BC, & qu'ils se meuvent avec différentes vîtesses, AO & AB, leurs forces centrales seront entr'elles comme les quarrés de leurs vîtesses AO, & AB; car, par le §. 722 la force centrale du corps A $= \frac{\overline{AO}^q}{AD}$, & celle du corps B $= \frac{\overline{AB}^q}{AD}$; or ces deux quantités sont entr'elles comme $\overline{AO}^q$ est à $\overline{AB}^q$: donc, &c. Il suit de là que si deux corps égaux en masse se meuvent dans le même cercle avec des vîtesses différentes, l'un avec une vîtesse $= 1$, & l'autre avec une vîtesse $= 2$; les forces centrales de ces deux corps seront entr'elles comme $1 : 4$.

§. DCCXXXIV. Si ces corps A & B (§. 733) sont inégaux en masse, leurs forces centrales seront en raison composée des masses & des quarrés des vîtesses.

§. DCCXXXV. La force centrale d'un corps sera égale à sa masse, si ce corps, en tombant, parcourt un espace égal à celui qu'un corps qui se mouveroit horisontalement dans un cercle, parcourroit dans le même tems, en s'éloignant du centre de ce cercle.

En effet, les espaces parcourus par deux corps, dans des tems infiniment petits, mais égaux, sont entr'eux comme les vîtesses; en supposant les espaces égaux, les vîtesses seront égales, & par conséquent pourront être regardées comme des unités : ces vîtesses, multipliées par les masses, exprimeront les forces; & enfin, en supposant les masses égales, ces forces seront égales.

§. DCCXXXVI. Par conséquent si un corps se meut selon une direction horisontale, en parcourant la circonférence d'un cercle, avec une vîtesse semblable à celle qu'il acquerroit en tombant de la quatrieme partie du diametre, sa force centrale sera égale à son poids.

Soit conduite la tangente BD [*Tab.* 19. *fig.* 7.], égale au rayon AB; sur cette tangente BD soit prise une très petite portion telle que BE: & du point E soit conduite par le centre A la ligne EFAH, & qu'on fasse que $\overline{BD}^q$ soit à $\overline{BE}^q$ :: BC : CG. Or, dans le même tems qu'un corps grave, abandonné à lui-même, tombe du point C au point B, il peut, par la vîtesse acquise au point B, parcourir, d'un mouvement uniforme, un espace double de CB; savoir, BD : mais le tems qu'il emploie à parcourir BD, est à celui pendant lequel il parcourroit BE, comme BD : BE; & les espaces parcourus, par un mouvement accéléré, sont entr'eux comme les quarrés des tems : par conséquent $\overline{BD}^q$: $\overline{BE}^q$ :: BC : CG. Donc dans le même tems qu'un mobile parcourra BE, il parcourra CG. Or on a la proportion suivante, HE : EB :: EB : EF, ou HF : FB :: FB : FE, & BF $=$ EB puisque, par la supposition, BE est un infiniment petit : donc $\overline{HE}^q$: $\overline{EB}^q$ :: HE : EF, ou $\overline{HE}^q$: HE :: $\overline{EB}^q$: EB. En divisant par 4 les premiers termes de cette pro-

portion, on ne change point le rapport des termes; on aura donc $\frac{\overline{HE}^q : HE}{4} :: \overline{EB}^q : EF$, ou $\frac{\overline{HE}^q}{4} = \overline{AF}^q$ & $\frac{HE}{4}$, ou $\frac{HF}{4} = BC$. Donc on aura $\overline{AF}^q : \overline{EB}^q :: BC : EF$; mais $\overline{AF}^q = \overline{BD}^q$: par conséquent $\overline{BD}^q : \overline{EB}^q :: BC : EF$; mais, par la conſtruction, on avoit $\overline{BD}^q : \overline{EB}^q :: BC : CG$; & par conſéquent $EF = CG$, & l'eſpace parcouru, en vertu de la force centrifuge, eſt égal à celui que la peſanteur faiſoit parcourir au mobile en tombant.

§. DCCXXXVII. L'eſpace qu'un corps parcourt en tombant perpendiculairement, pendant une ſeconde, étant donné, trouver le cercle dont il parcourra horiſontalement la circonférence, dans le même tems, avec une force centrifuge égale à ſa peſanteur.

Solution. Suppoſons que la ligne A B [*Tab.* 19. *fig* 8.] repréſente l'eſpace qu'un grave parcourt en une ſeconde, en tombant perpendiculairement par l'effort de la peſanteur; cela poſé, ſoit décrite une circonférence de cercle, qui ſoit au diametre de ce cercle, comme la ligne AB eſt à la ligne CR, & comme cette derniere eſt à la ligne DF, cette troiſieme ſera le diametre du cercle cherché EFGD.

Soit diviſé le rayon EF en deux parties égales au point H: ſi un mobile ſe meut horiſontalement dans le cercle FGD, avec une vîteſſe uniforme, égale à celle qu'il eût acquiſe s'il fût tombé perpendiculairement de la quatrieme partie HF de ſon diametre; la force centrifuge de ce mobile ſera égale à ſon poids. En effet un corps grave, tombant librement ſelon la ligne HF, acquiert, étant parvenu au point F, une vîteſſe ſuffiſante pour parcourir, dans le même tems, avec un mouvement uniforme, un eſpace double de HF; par conſéquent s'il ſe meut en parcourant, avec la vîteſſe qu'il a acquiſe, la circonférence du cercle FGD, le tems qu'il emploiera à parcourir cette circonférence, ſera au tems qu'il aura employé pour parcourir, en tombant, l'eſpace HF, comme la circonférence FGD eſt au double de HF, ou à EF. Et, en doublant les conſéquens, on aura le tems employé à parcourir, avec un mouvement uniforme, la circonférence FGD, eſt à deux fois le tems employé à tomber de la hauteur HF, c'eſt-à-dire, au tems employé à tomber de la hauteur DF, comme la circonférence FGD eſt à deux fois FE = DF; c'eſt-à-dire, comme CR eſt à DF, ou comme AB eſt à CR: mais AB eſt à CR, comme le tems employé à parcourir, en tombant librement, la hauteur AB, ou comme une ſeconde eſt au tems employé à tomber perpendiculairement de la hauteur DF; parceque la raiſon de AB à DF eſt doublée de celle de AB à CR: par conſéquent le tems employé à parcourir, d'un mouvement uniforme, la circonférence FGD, eſt au tems de la chûte par DF, comme une ſeconde eſt au même tems de la chûte par DF; par conſéquent le tems employé à parcourir la circonférence FGD = une ſeconde.

La hauteur AB, qu'un mobile parcourt en tombant librement, dans l'eſpace d'une ſeconde, = 15 pieds rhenan, & 7 $\frac{1}{2}$ pouces: or comme AB eſt à CR comme la circonférence du cercle eſt à ſon diametre, c'eſt à dire, comme 22 eſt à 7, de même CR eſt au diametre DF du cercle FGD: ce dia-

metre doit donc être, à très peu de chofes près, de 19 pouces, dont la moitié $= 9 \frac{1}{2}$ pouces : de là fi le centre de gravité d'un mobile parcourt dans une feconde la circonférence d'un cercle de $9 \frac{1}{2}$ pouces de rayon, la force centrifuge de ce mobile fera égale à fon poids.

Ces propofitions nous font concevoir pour quelle raifon, fi on place fur le fond d'une fronde, une pierre ou un verre rempli d'eau, & qu'on imprime à cette fronde un mouvement circulaire en toutes fortes de fens, ni la pierre, ni le verre ne s'échappent point de la fronde, quand on leur imprime une vîteffe qui eft telle que la force centrifuge que ces corps acquerent par leur rotation, eft égale, ou même un peu plus grande que leurs poids.

§. DCCXXXVIII. Si deux corps égaux en maffe, A & B, fe meuvent dans des cercles inégaux, avec des vîteffes égales, leurs forces centrales feront entr'elles en raifon inverfe de leur diftance au centre de leur mouvement : en effet, par le §. 726, on a $V = \frac{CC}{AE}$, $v = \frac{cc}{ae}$; & par conféquent $V : v :: \frac{CC}{AE} : \frac{cc}{ae}$. Or comme on fuppofe que $C = c$, on aura $CC = cc = 1$; & par conféquent $V : v :: \frac{1}{AE} : \frac{1}{ae} :: ae : AE$, ou comme il eft repréfenté par la figure 5, comme $2\,BC : 2\,AC :: BC : AC$.

§. DCCXXXIX. Si deux corps, A & B, égaux en maffe, ont des tems périodiques inégaux, & font placés à des diftances inégales du centre de leur mouvement, la force centrale du corps A fera à celle du corps B, comme la diftance du corps A au centre de fon mouvement, divifée par le quarré du tems périodique de A, eft à la diftance du corps B au centre de fon mouvement, divifée pareillement par le quarré du tems périodique du corps B.

En effet, par le §. 727, la force centrale $= \frac{R}{TT}$; par conféquent les forces centrales des deux corps A & B feront entr'elles, comme $\frac{R}{TT} : \frac{r}{tt}$, ou felon la figure 5, comme $\frac{AC}{TT} : \frac{BC}{tt}$.

§. DCCXL. En fuppofant les corps égaux en maffe, fi les quarrés des tems périodiques font entr'eux comme les cubes des diftances, les forces centrales de ces corps feront entr'elles en raifon inverfe des quarrés des diftances.

En partant ici d'après ce que nous avons déja démontré, on a $\overline{T}^q : \overline{t}^q :: \overline{AC}^q : \overline{BC}^q$. Or, par le §. 739, la force centrale du corps $A = \frac{AC}{T^q}$, & celle de $B = \frac{BC}{t^q}$: par conféquent, en fubftituant aux dénominateurs les quantités proportionnelles $\overline{AC}^q$ & $\overline{BC}^q$, on aura la force centrale de A eft à celle de B, $:: \frac{AC}{\overline{AC}^q} : \frac{BC}{\overline{BC}^q} :: \frac{1}{\overline{AC}^q} : \frac{1}{\overline{BC}^q} :: \overline{BC}^q : \overline{AC}^q$.

§. DCCXLI. Cette propoſition eſt encore vraie, en ſuppoſant les corps inégaux en maſſe; car, dans ce cas, les forces centrales ſont en raiſon compoſée de la directe des maſſes, & de l'inverſe des quarrés des diſtances au centre du mouvement.

Comme on obſerve que les quarrés des tems périodiques des planetes qui circulent continuellement autour du ſoleil, & que ceux des ſatellites qui ſont continuellement emportés autour des planetes, auxquelles ils appartiennent, ſont comme les cubes des diſtances; les forces centripetes de tous ces corps doivent être en raiſon inverſe des quarrés de leurs diſtances au centre de leurs révolutions : or cette force, en vertu de laquelle les corps tendent à s'approcher d'un centre matériel, n'eſt autre choſe que la gravité; par conſéquent la gravité des planetes principales vers le ſoleil, & des planetes ſecondaires vers les principales planetes, ſuit la même proportion que la gravité des corps ſublunaires vers le centre de la terre; comme je l'ai déja indiqué (§. 336) : & j'ai déja obſervé que cette propriété de la gravité avoit d'abord été découverte par la gravité de la lune vers le centre de la terre.

Suppoſons en effet que le globe A [*Tab.* 19. *fig.* 5.] repréſente la lune qui ſe meut autour de la terre, qu'il faut concevoir en C; la lune, en vertu de la force centrifuge qu'elle acquiert par ſa rotation, fait un effort continuel pour s'éloigner du centre de ſon mouvement, & pour s'échapper de ſon orbe AF: mais elle eſt retenue dans cet orbe par l'action de la peſanteur, qui la ſollicite continuellement vers le point C. La diſtance CA de la terre à la lune, eſt, à peu de choſe près, égale à 60 demi diametres de la terre; & la lune parcourt ſon orbe, autour de notre globe, dans l'eſpace de 27 jours, 7 heures, 43 minutes : par conſéquent la gravité, qui la ſollicite vers le centre de la terre, eſt telle qu'elle lui feroit parcourir 15 pieds $\frac{1}{12}$ dans l'eſpace d'une minute. Par conſéquent ſi la gravité, à différentes diſtances du centre de la terre, ſuit la raiſon inverſe du quarré des diſtances; la gravité d'un corps qui tomberoit de la lune vers notre globe, ſeroit à celle d'un corps qui tomberoit de la ſurface de la terre vers ſon centre, : : $15\frac{1}{12} \times 1 \times 1 : 15\frac{1}{12} \times 60 \times 60$. Or nous obſervons que les graves, abandonnés à eux-mêmes vers la ſurface de la terre, parcourent, dans l'eſpace d'une ſeconde, 15 pieds $\frac{1}{12}$; mais 60 ſecondes font une minute : & comme il eſt démontré, par le §. 341, que les eſpaces parcourus en vertu de la peſanteur, ſont entr'eux comme les quarrés des tems employées à les parcourir; il s'enſuit que l'eſpace que parcourt, pendant le tems d'une minute, un corps grave abandonné à lui même vers la ſurface de la terre, $= 15\frac{1}{12}$ pieds $\times 60 \times 60$; & cet eſpace, comparé avec celui que la lune parcourt dans le même tems, en s'approchant du centre de la terre; ſavoir, $15\frac{1}{12} \times 1 \times 1$, eſt comme le quarré de AC, diſtance de la lune au centre de la terre, eſt au quarré d'un des rayons de la terre.

Nous avons ſuppoſé juſqu'à préſent, & dans les §. 740, 741, que les corps étoient mus dans des cercles; mais, en ſuppoſant qu'ils décrivent toute autre courbe quelconque, telle qu'une ellipſe, une parabole, une hyperbole, en vertu d'une force centripete, qui les ſollicite vers un

centre ; leurs forces centrifuges feront toujours réciproquement comme le quarré de leurs diftances vers le centre.

§. DCCXLII. Soit le corps A [*Tab.* 19. *fig.* 9.], qui fe meut autour du corps S ; lorfque ce mobile eft au point A, fuppofons que fa gravité l'emporte fur fa force centrifuge : dans cette hypothefe, ce mobile ne pourra pas parcourir le cercle A L X. Suppofons donc qu'il fe meuve en décrivant AK ; & par conféquent, en s'avançant vers S, ce mobile, étant parvenu au point K, fe meut, avec une plus grande vîteffe, du point K au point N ; puifqu'il doit border des furfaces égales en tems égaux ; favoir, A K S, K S N : & comme il eft plus proche du point S, lorfqu'il eft parvenu au point K, on doit avoir K N > A K. Ce même mobile, parvenu au point N, eft encore moins éloigné de S que lorfqu'il étoit au point K ; puifque S N < S K, l'effort de fa pefanteur doit donc encore augmenter, & il doit s'approcher davantage du point S : il accélerera donc encore fon mouvement du point N au point O; & il décrira dans le même tems N O, l'efpace N O S étant égal à l'efpace K S N. Etant parvenu au point O, il fera encore plus près de S ; & par conféquent il fera encore porté, avec plus d'activité, vers S : & il accélerera encore fon mouvement, afin de pouvoir border, dans le même tems, l'efpace O S B ; & il décrira alors fon plus grand arc O B ; de forte qu'il aura acquis la plus grande vîteffe qu'il peut acquérir, lorfqu'il fera parvenu au point B. Sa force centrifuge fera devenue alors fupérieure à fa force centripete ; fans quoi il parcourroit le cercle B G H : mais il s'éloignera de cette courbe, & il parcourra B p m ; & il bordera, dans un même tems, l'efpace B p m S = O S B. Ce même mobile, étant parvenu au point m, fera plus éloigné de S, l'effort de fa gravité deviendra donc encore moindre à proportion ; & en vertu des deux forces qui le maîtriferont alors, favoir, fa force centripete & fa force centrifuge, il parcourra l'arc m A : or comme, en parcourant cet arc, il perd continuellement de fa vîteffe, fa force centrifuge décroîtra à proportion ; de forte que lorfqu'il fera parvenu au point A, elle fera encore plus petite que la force centripete : & cette derniere prévalant encore, le mobile A recommencera à décrire l'ellipfe A K N O B p m A. La gravité au point B eft, à la vérité, plus grande que celle qui fe fait fentir au point A, felon la raifon inverfe du quarré des diftances de ces deux points au centre S, où la gravité d'un même mobile à ces deux points, eft dans le rapport de $\overline{SA}^q$ à $\overline{BS}^q$; mais la force centrifuge que le mobile acquiert, en circulant autour de S, augmentte de A en B, felon un plus grand rapport ; car elle croît dans la même proportion que les cubes des diftances décroiffent ; par conféquent, à proportion que le mobile approche du point B, fa force centrifuge augmente, & elle eft autant grande qu'elle puiffe être, lorfqu'il eft parvenu au point B : mais lorfqu'il a paffé le point B, & qu'il retourne vers le point A, elle décroît felon un plus grand rapport que la gravité ; & c'eft pour cela que la gravité l'emporte encore fur la force centrifuge, lorfque le mobile eft arrivé au point A.

La ligne A B s'appelle la ligne des *abciffes*, & par conféquent un corps peut defcendre du point fupérieur d'une abciffe jufqu'au point inférieur de la même ligne, & de ce dernier, remonter jufqu'au premier ; pourvu que la

vîteſſe acquiſe par l'effort de la gravité, qui le ſollicite vers le centre de ſa révolution S, ſoit moindre que la vîteſſe qu'il acquiert en parcourant la portion de l'orbite N O B; parceque la force centrifuge doit commencer à prévaloir à proportion qu'il approche davantage du point B.

§. DCCXLIII. On peut, d'après cette théorie, ſupputer aiſément quel ſeroit l'effort de la gravité des corps qui ſeroient placés ſur la ſurface de toute planete quelconque. En effet, nommons R la diſtance d'une planete au centre du ſoleil; appellons r le demi-diametre du ſoleil : déſignons le tems périodique de la planete par la lettre T; & exprimons par G la gravité, ou la force centripete d'un corps placé ſur cette planete, & par g la gravité de ce même corps, placé ſur la ſurface du ſoleil. Cela poſé, par les §. 727 & 741, on aura $G = \frac{R}{TT}$. Cette gravité augmente à proportion que la planete s'approche davantage du ſoleil, & elle augmente à raiſon inverſe des quarrés des diſtances au centre du ſoleil; par conſéquent la gravité de ce mobile, placé ſur la ſurface de cette planete, eſt à la gravité de ce même corps, placé ſur la ſurface du ſoleil, ou G : g :: r r : R R. Par conſéquent $g = \frac{GRR}{rr}$; mais comme $G = \frac{R}{TT}$, on aura $g = \frac{R^3}{TTrr}$.

§. DCCXLIV. On ſuppute de la même maniere la gravité des corps, placés ſur les principales planetes, & ſur les planetes ſecondaires, qui circulent autour des premieres.

§. DCCXLV. On peut auſſi déterminer facilement le rapport qui eſt entre la force centrifuge d'un corps placé à l'équateur d'une planete principale, & la gravité de ce même corps. En effet la force centrifuge d'un corps placé à l'équateur d'une planete $= \frac{r}{tt}$, ſelon le §. 727, & ſa gravité $= \frac{R^3}{TTrr}$ par le §. 743 : la force centrifuge de ce corps eſt donc à ſa force centripete, comme $r^3 TT$ eſt à $R^3 tt$.

§. DCCXLVI. Il ſuit de-là que la gravité des corps terreſtres, placés ſous l'équateur, ſurpaſſe leur force centrifuge 288 fois, ou un peu moins, en ſuppoſant que la diſtance moyenne de la lune à la terre, ſoit de 60 demi-diametres terreſtres, & que le tems périodique de la lune, qui circule autour de notre globe, ſoit de 27 jours, 7 heures, 43 minutes; en ſuppoſant auſſi que le demi-diametre de la terre = 1, & que le tems périodique de ce globe autour de ſon axe ſoit de 23 heures, 56 minutes & 4 ſecondes.

§. DCCXLVII. On pourra maintenant, d'après ce que nous venons de dire, connoître la force centrifuge des corps placés à la ſurface de la terre, & la comparer avec l'efforr de la gravité. Plus le cercle parallele à l'équateur eſt grand, & plus la force centrifuge eſt conſidérable. Sous l'équateur, la force centrifuge eſt directement oppoſée à l'action de la peſanteur, & elle eſt autant grande qu'elle puiſſe être : par conſéquent ſi on joint cette force à celle de la gravité, on aura pour lors l'effort total de la peſanteur. Sous le pôle, la force centrifuge eſt nulle; par conſéquent la peſanteur y jouit complétement de tous ſes droits, & elle y eſt autant grande qu'elle puiſſe être.

Dans les régions comprises entre l'équateur & les pôles, la force cetrifuge n'est pas directement, mais obliquement opposée à la direction de la pesanteur; par conséquent il n'y a qu'une partie de cette force centrifuge qui soit directement opposée à l'action de la pesanteur: & cette partie est d'autant plus petite, que le sinus du complément de la latitude est plus petit que le sinus total. D'où il suit que la force centrifuge, en tant qu'elle s'oppose aux effets de la pesanteur, suit la raison composée du rayon de l'équateur au rayon du cercle parallele, & du sinus total au sinus de complément de la latitude; & comme ces deux raisons sont sensiblement égales, la partie des forces centrifuges, qui est directement opposée à la gravité, suit, en décroissant, depuis l'équateur jusqu'aux pôles, la raison des quarrés des sinus de complément de la latitude. Il ne suffit pas de considérer les forces centrales des corps qui se meuvent dans des courbes qui gissent sur des plans en repos, comme nous l'avons fait jusqu'à présent; mais il faut encore considérer ces forces dans des corps qui se meuvent sur des plans qui sont eux-mêmes en mouvement: nous n'entrerons pas dans ce détail, pour éviter une trop grande prolixité.

§. DCCXLVIII. Le célebre *Hughens*, en calculant le premier les forces centrales, s'est acquis une gloire immortelle (1); après lui plusieurs grands hommes ont enrichi cette théorie, & y ont ajoûté de nouvelles observations. *Newton* (2), *Keil* (3), *Joh. Bernouilli* (4), *Maclaurin* (5), *s'Gravesande* (6), & plusieurs autres célebres Académiciens, sont ceux à qui nous sommes redevables de ce que nous avons de plus instructif sur cette matiere.

(1) In Operibus posthumis.

(2) Princip. Philosoph. Mathem. Lib. 1.

(3) Introd. ad veram Physic. & in Philosoph. Transf. N°. 317.

(4) Operum Vol. 1, N°. 86, 87, 88.

(5) Treatise of fluxions, Book I. Chap. 11. & 12. & in Philos. Discoveries, Book 4. Chap. 3.

(6) Elem. Phys. Lib. 1. Cap. 23.

CHAPITRE

CHAPITRE XVI.

De la dureté, de la fragilité, de la molleſſe, de la flexibilité, & de l'élaſticité.

§. DCCXLIX. POUR l'ordinaire nous donnons le nom de *corps dur* à celui qui réſiſte à l'effort qu'on fait contre lui, en le preſſant même violemment, ou qui ne cede que très peu, ou enfin dont les parties ſont tellement unies entr'elles, qu'elles ne ſe ſéparent les unes des autres qu'avec une très grande difficulté; & par conſéquent à tout corps qui ne change qu'avec peine la figure qu'il a reçue. On trouve pluſieurs corps de cette eſpece; tels ſont les *bois*, les *os*, les *métaux*, les *pierres*, &c.

§. DCCL. Il ſuit de là que ce n'eſt pas ſans un grand effort qu'on peut obliger les parties des corps durs à s'inſinuer dans les pores qui les avoiſinent; & cela par rapport, ou à la grandeur de ces parties, dont les dimenſions ſurpaſſent celles des pores qu'on voudroit leur faire pénétrer, ou par rapport à l'union intime qu'elles contractent les unes avec les autres, & qui s'oppoſe fortement à leur ſéparation : condition néceſſaire pour que ces parties puiſſent pénétrer les pores voiſins. La forte cohéſion des parties des corps durs ſe prouve par la difficulté qu'on éprouve à les ſéparer, même lorſqu'on fait contre elles de très grands efforts.

§. DCCLI. Nous appellons un corps *parfaitement dur* celui dont les parties ne cedent aucunement aux plus grands efforts qu'on puiſſe faire pour les comprimer; de ſorte que la figure de cette eſpece de corps eſt inaltérable, & qu'elle ne peut être changée.

Nous ne connoiſſons point dans l'Univers aucun corps qui ſoit parfaitement dur; tous ceux qui ſont parvenus juſqu'à préſent à nos connoiſſances, peuvent être briſés, réduits en parties : & lorſqu'on les preſſe, ils changent de figure, ſans en excepter même les diamans les plus durs, les cailloux, les pierres communes, & toutes les pierres précieuſes, de quelque nature qu'elles puiſſent être. La raiſon de cela eſt que tous les corps que nous connoiſſons ſont poreux, & que par conſéquent toutes leurs parties ne ſe touchent pas exactement en toutes ſortes de ſens; mais ſeulement de côté & d'autre, & qu'il reſte entre ces parties des eſpaces vuides de la matiere propre du corps : outre cela, les parties qui ſont en contact entr'elles peuvent être ſéparées totalement, ou au moins peuvent être un peu écartées les unes des autres; comme il arrive lorſqu'on les expoſe à l'action du feu, qui, pénétrant dans les interſtices qu'on remarque entre les parties conſtituantes des corps, met ces corps en fuſion, ou les raréfie. Si on avoit des corps parfaitement ſolides, ces corps ne ſeroient point poreux, & ils ne pourroient point être comprimés; & conſéquemment ils ſeroient parfaitement durs. Les élémens des mixtes, qui ſont les plus petites parties qui entrent dans leur compoſition, & auxquelles tous les corps peuvent être réduits; ces élémens, dis-je, nous paroiſſent parfaitement durs; puiſque nous

ne connoiſſons point dans la Nature d'agent propre à les diviſer, ou à les altérer aucunement; puiſqu'ils ſont parfaitement impénétrables, parfaitement denſes, & que chacune de ces parties eſt une unité : ainſi, quoique les grands corps ne ſoient point parfaitement durs, ils ſont néanmoins compoſées de particules parfaitement dures.

Plus les pores diſſéminés entre les parties des corps ſont en petite quantité, plus ces pores ſont petits : plus les parties conſtituantes ſe touchent parfaitement, ſoit en pluſieurs points, ſoit par des ſurfaces planes, plus auſſi ces corps ſont durs : & on remarque conſtamment cette diſpoſition dans ceux qui peſent davantage; & c'eſt pour cela auſſi que les corps qui peſent davantage ſont plus durs que ceux qui peſent moins : que ceux qui ſont plus denſes, ſont plus durs que ceux qui ſont moins denſes. Cela a lieu le plus ſouvent dans les métaux, les pierres, les os & les bois.

§. DCCLII. Nous donnons le nom de *corps fragile* à tout corps dur, dont les parties ſe briſent par une légere percuſſion; comme il arrive lorſqu'on choque, par exemple, de l'acier trempé, du verre, de la porcelaine.

Les parties de ces différens corps ont néanmoins une forte adhérence les unes avec les autres; mais elles ſont tellement conſtituées, que ſi on parvient à diminuer légerement leur contact, & à les ſéparer un peu les unes des autres, elles ſe briſent alors, & elles ne ſe rétabliſſent point dans leur premier état. C'eſt pour cela qu'un frémiſſement excité dans ces parties ſuffit pour les briſer, & pour réduire en morceaux la maſſe entiere qui en étoit conſtituée; ce qu'une forte percuſſion ne pourroit point produire : ſi vous placez un caillou ſur un couſſin mou & élaſtique, & que vous le frappiez à petits coups de marteau, de façon que vous n'excitiez qu'un ébranlement dans ſes parties, ce cailloux ſe diviſera en pluſieurs parties; mais il n'en arrivera pas ainſi ſi vous le placez ſur une enclume, & que vous le frappiez à grands coups de marteau, vous pourrez en détacher quelques parties; mais la maſſe ne ſera que foiblement altérée, & ſubſiſtera en grande partie. On peut, ſelon le même méchaniſme, rompre des verres en chantant, & on vient auſſi pareillement à bout de briſer des œufs philoſophiques de verre, en laiſſant tomber dedans de petits corpuſcules de matiere dure.

§. DCCLIII. On appelle un corps *propre à être fendu* celui qui eſt compoſé de pluſieurs lames, appliquées les unes ſur les autres; les parties qui compoſent chaque lame, ont entr'elles une adhérence plus forte que celle qui unit ces lames les unes aux autres. Les corps de cette eſpece ſe fendent par copeaux, ou ſe diviſent en pluſieurs lames; tels ſont le talc, l'ardoiſe, &c.

On obſerve que les parties qui conſtituent chaque lame, ſont de même eſpece, & qu'elles ont été formées dans le même tems, & que les autres lames ont été formées dans d'autres tems, & avec d'autres parties; que toutes ces lames ont été ſucceſſivement appliquées les unes ſur les autres après avoir acquis une certaine dureté. Toutes ces lames ſont originairement fluides; elles ſont compoſées d'eau & de terre : on trouve quelquefois entre ces lames différens corps qu'elles enveloppent en coulant autour, lorſqu'elles ſont encore fluides; on y trouve des poiſſons, du bitume & des

corps de toute autre espece. On trouve outre cela quantité d'arbres, dont on fait des douves qui peuvent se couper par lames, & dont on se sert pour différens usages.

§. DCCLIV. On appelle *corps mou* celui dont les parties, à l'égard de nos sens, cedent facilement à la moindre impression, & peuvent être aisément séparées les unes des autres. Tels sont le beurre, le miel, le liege, l'argille humectée, le savon verd, &c.

§. DCCLV. Il arrive souvent que les corps mous passent de l'état de mollesse à celui de dureté, & que ceux qui sont durs deviennent mous; on ne peut pas assigner les bornes qui séparent ces deux états l'un de l'autre. On dit que l'argille humide est molle; mais jusqu'à quel point faut-il la dessécher pour en faire un corps dur? Un adulte, un homme fort & robuste, regarde comme mou ce qui paroîtra dur à un enfant; la terre sera molle pour un éléphant, & elle sera très dure par rapport à une mouche, à une fourmi : par conséquent ces deux états, la mollesse & la dureté, n'ont rien de fixe & de déterminé; ils sont toujours relatifs à la disposition de nos organes, & à nos forces actuelles. Cependant les corps mous sont très poreux; & lorsqu'on les presse, ils cedent à l'effort qu'on déploie contre eux, & leurs parties se retranchent aisément dans les pores qui les avoisinent. On ramollit les corps durs lorsqu'on parvient à introduire d'autres corps entre leurs parties, & que ces corpuscules qu'on introduit viennent à bout de diminuer le contact des parties solides qui se touchoient : c'est ainsi que les os se ramollissent lorsqu'on les laisse tremper dans du vinaigre, que l'ivoire passe de la dureté à la mollesse, lorsqu'on la laisse baigner dans du lait, ou qu'on la laisse séjourner pendant long tems dans de la moutarde (1). D'autres corps perdent leur dureté lorsqu'ils sont plongés dans l'eau.

§. DCCLVI. Un corps approche d'autant plus d'une mollesse parfaite, que ses parties cedent plus aisément, & qu'on parvient à briser plus facilement les liens qui les unissoient. On remarque dans l'Univers plusieurs grands corps mous, tels que le beurre, l'argille humide, &c, qui sont tellement constitués, qu'ils prennent aisément la figure du corps qui les presse, & qu'ils conservent ensuite cette même figure, lorsqu'on supprime le moule qui la leur a imprimée. On ne trouve cependant aucun corps qui soit parfaitement mou; c'est-à-dire, dont les parties puissent être séparées par une force infiniment petite, si on en excepte la *force d'inertie*; parceque les parties de tous les corps s'attirent mutuellement avec beaucoup de force : & cette force doit être surmontée par la cause, qui divise & sépare les parties les unes des autres.

§. DCCLVII. On trouve plusieurs corps mous qui sont *ductiles*, qui peuvent prendre différentes formes, & conserver néanmoins leur même cohésion. Ces corps doivent être tellement constitués, que leurs parties aient entr'elles quelques degrés d'affinité & de liaison; & lorsqu'on leur donne une autre situation, & qu'on leur fait changer la place qu'elles occupent, elles doivent s'assimiler aussi bien avec les nouvelles parties avec lesquelles elles deviennent en contact, qu'avec celles qu'elles touchoient auparavant.

(1) Hist. de l'Acad. Roy. des Scienc. ann. 1742.

Cette propriété convient à la terre graſſe, à laquelle on peut faire prendre auſſi aiſément toutes ſortes de figures; de ſorte qu'on en peut former auſſi aiſément un globe, un cylindre, un cône, ou toute autre figure quelconque.

Cette ductilité ne dépend pas ſeulement de la ténuité des parties des corps ductiles; puiſque le ſable, le talc, le verre, le ſel, quoique diviſé en parties extrêmement petites, ſubtiles, & unies avec de l'eau, ne peuvent point former une maſſe ductile, ſelon les obſervations de M. *de Reaumur* (1). La ductilité de la terre ou de l'argille dépend de l'eau, qui penetre non-ſeulement les interſtices que les parties conſtituantes de l'argille laiſſent entr'elles; mais qui s'inſinue encore dans les pores de ces parties, les augmente & les dilate.

Les métaux qui ſont ductiles & malléables doivent cet avantage à l'huile, qui eſt interpoſée entre leurs parties; & ces corps, de ductiles qu'ils étoient, deviennent fragiles, lorſqu'on les dépouille de l'huile qu'ils contenoient. Ils perdent encore leur ductilité, lorſqu'on les mêle avec d'autres ſubſtances hétérogenes; comme, par exemple, ſi on mêle enſemble de l'or & du zinc, ſi on unit enſemble de l'argent & de l'étain: on prive auſſi le fer de ſa ductilité, en l'expoſant à l'action des ſels acides. D'où il paroît qu'on doit regarder l'huile comme le véritable *gluten* des parties métalliques.

§. DCCLVIII. On appelle corps *flexible* celui dont on peut changer la figure, qu'on peut allonger, raccourcir, ſans que ſa maſſe en ſoit altérée, & par conſéquent ſans que ſes parties perdent de leur union & de leur adhérence entr'elles. On trouve pluſieurs corps de cette eſpece; tels ſont les muſcles, les tendons, & généralement toutes les membranes animales. Toutes les fibres des plantes, qui ſont encore vertes, les métaux, les cordes, ſont dans le même cas.

Il ſuit de-là que les parties de ces différens corps, qui ſont en contact entr'elles, peuvent s'éloigner les unes des autres, ſe rejoindre, ſe lier avec d'autres parties; qu'elles peuvent ſe retrancher dans les pores qui les avoiſinent, les remplir & s'unir avec les parties adjacentes. Si on allonge un corps flexible, il devient plus menu, & en même-tems plus denſe; ſi on le courbe, il devient plus denſe dans ſon contour intérieur, & plus rare dans ſon contour extérieur: mais ſi on le courbe alternativement en ſens contraire, & à pluſieurs fois, il ſe briſe enfin; parceque, dans chaque inflexion, qu'il éprouve, certaines parties ſe trouvent trop éloignées des autres; elles ne ſe touchent plus, & la maſſe enfin ſe diviſe. La flexibilité des corps n'eſt pas la même dans tous ceux qui jouiſſent de cet avantage: parmi les métaux, l'or, l'argent, le plomb, ſont plus flexibles que le cuivre, le fer, l'étain. La ſoie, le fil de lin, ſont plus flexibles que les cheveux, les cordes & les fibres ligneuſes. La flexibilité de certains corps ſouffre quelques altérations, s'affoiblit, & périt entierement lorſqu'en ſe deſſéchant ces corps perdent leur humidité & leur huile: c'eſt pour cela qu'on augmente la flexibilité de pluſieurs corps, en les humectant avec de l'eau, ou en les frottant légerement avec de l'huile.

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. des Scienc. ann. 1730.

§. DCCLIX. On donne le nom de *corps tenace* à celui qui eſt tellement conſtitué, que ſes parties peuvent s'éloigner conſidérablement les unes des autres, ſans ſe ſéparer pour cela, étant fortement unies entr'elles ; c'eſt pour cette raiſon que ces eſpeces de corps peuvent ſupporter des poids énormes ſans ſe rompre : telles ſont les cordes d'inſtrumens qui ſont faites de boyaux.

§. DCCLX. S'il arrive qu'un corps flexible, étant courbé, tiraillé, ou comprimé par une force extérieure quelconque, ſa figure en ſoit altérée, & que ſitôt que cette force ceſſe d'agir contre lui, il reprenne de lui même ſa premiere figure ; & qu'il ſe rétabliſſe dans ſon premier état, ce corps eſt *élaſtique*.

§. DCCLXI. On dit que l'élaſticité d'un corps eſt *parfaite* lorſque la force de ce corps, tiré ou comprimé, ſe rétablit dans ſon premier état, avec des forces égales à celles de la puiſſance qui l'a comprimé ou tiraillé ; de ſorte que ce corps reprend exactement la même figure qu'il avoit avant d'être tiré ou comprimé.

§. DCCLXII. L'élaſticité eſt *imparfaite*, lorſqu'un corps, tiré ou comprimé, fait effort pour reprendre ſa premiere figure, & qu'il y revient, à la vérité ; mais avec une force inférieure à celle qui avoit apportée en lui quelque changement.

§. DCCLXIII. La plus grande partie des corps que nous connoiſſons eſt élaſtique ; tels ſont preſque tous les métaux, les demi métaux, les pierres, les pierres précieuſes & les foſſiles. 2°. Telles ſont auſſi toutes les parties ſolides du corps des animaux, comme les membranes, les poils, les os, les cartilages, les ongles, les plumes. 3°. Telles ſont les parties ſolides des végétaux, lorſqu'ils ſont ſecs, comme les racines, l'écorce, les feuilles, &c. Chaque corps a différens degrés d'élaſticité, & nous n'en connoiſſons aucun qui ſoit parfaitement élaſtique : en effet, lorſque, par une puiſſance extérieure, la figure d'un corps eſt altérée, les parties de ce corps, placées les unes au-deſſus des autres, & qui ſe meuvent ſelon le rang qu'elles occupent, éprouvent un certain frottement, ſoit lorſqu'elles obéiſſent à la force extérieure qui les met en mouvement, ſoit lorſqu'elles reviennent dans leur premier état ; ce frottement leur fait perdre néceſſairement une partie de leur force : & ſi l'attraction, que les parties qui ſe touchoient avant l'altération de la figure de ce corps ont entr'elles, n'agiſſoit continuellement contre ces parties, il eſt certain qu'elles ne reviendroient jamais dans leur premiere ſituation, & que le corps ne reprendroit point ſa premiere figure. Or ce frottement, dont nous venons de parler, & le déchet qu'il occaſionne dans la force du corps, paroiſſent manifeſtement, en ce qu'une corde d'inſtrument, quelque tendue qu'elle ſoit, étant miſe en vibrations, retourne en peu de tems à l'état de repos d'où on l'avoit tirée en la mettant en vibrations, & que cet effet a lieu lors même que cette corde fait ſes vibrations dans le vuide. Le P. *Merſenne* nous apprend qu'une corde formée de 12 boyaux, & tendue par un poids de 8 livres, étoit à l'uniſſon avec une corde de laiton, dont le diametre étoit = $\frac{1}{4}$ de ligne, tendue par un poids = *6* ℔ $\frac{2}{8}$; parceque les parties métalliques éprouvent un moindre frottement entr'elles, que les par-

ties qui compoſent les inteſtins (1). On remarque auſſi que les réſultats qui naiſſent de la percuſſion des corps élaſtiques, s'éloignent de la théorie géométrique qui les annonce : on peut dire néanmoins que nous trouvons plusieurs corps, dont l'élaſticité approche beaucoup de l'*élaſticité parfaite*; tels ſont les ongles, les cartilages, l'acier trempé, le verre, les plumes de pluſieurs oiſeaux, &c.

§. DCCLIV. Les degrés d'élaſticité paroiſſent varier ſuivant la denſité des corps : en effet, on remarque que les métaux ne ſont que très peu élaſtiques après qu'on les a mis en fuſion; mais que leur élaſticité augmente à proportion qu'on les étend davantage ſous le marteau, & qu'on les rend plus denſes. Néanmoins cette augmentation d'élaſticité reconnoît des bornes, & elle ceſſe de devenir plus grande, lorſqu'on l'a pouſſée juſqu'à un certain point. On ne connoît point encore ces bornes, & on n'eſt point en état de les aſſigner; l'expérience nous apprend ſeulement que lorſqu'on a diſtendu une corde de boyau au-delà des bornes qui circonſcrivent les différens degrés d'élaſticité qu'elle peut acquérir, cette corde, quoique non rompue, ne reprend plus ſa premiere longueur. Un morceau de bois fort droit & courbé conſidérablement, ne reprend plus la même figure qu'il avoit antérieurement : cet effet viendroit-il, ou de ce que les parties de ce bois, qui ſe touchoient avant qu'on lui fît prendre la courbure dont nous venons de parler, ſe ſeroient trop éloignées les unes des autres par cette flexion, pour pouvoir s'attirer aſſez puiſſamment, ou de ce que quelques unes de ces parties ſe ſeroient rompues, & qu'elles ne pourroient plus alors reprendre leur premiere ſituation ? L'acier, lorſqu'il eſt trempé, devient très élaſtique; la la denſité de l'acier trempé eſt à celle de celui qui n'eſt pas trempé, comme 7809 : 7738.

§. DCCLXV. Outre cela plus les corps deviennent froids, plus ils ſont élaſtiques; puiſqu'alors ils ſont plus denſes, & que leur texture eſt plus ſerrée : plus ils s'échauffent, moins ils ſont élaſtiques, ſur tous ceux qui peuvent tomber en fuſion; puiſqu'alors ils ſont plus rares : c'eſt pour cela que les boulets de canon, qui ſont lancés par des canons qui ſont encore froids, ſont portés beaucoup plus loin que lorſque ces canons ſont échauffés, ainſi que le remarque *Belidor* (2). Un même canon, piqué de la même maniere, vomit des boulets à différentes diſtances, à proportion qu'il s'échauffe; de ſorte que les exploſions qui ſe ſuivent different beaucoup les unes des autres (3). Il y a néanmoins des bornes qui ſéparent les degrés de chaleur & de froid qu'une bouche à feu doit avoir pour que l'amplitude de ſon jet ſoit autant grande qu'elle puiſſe être; en-delà & en-deça de ces bornes l'amplitude du jet eſt plus petite.

Il faut cependant excepter de cette regle l'air, & tout autre fluide analogue à l'air, dont l'élaſticité augmente par la chaleur.

§. DCCLVI. L'élaſticité de tous les corps, ſoit celle des parties animales, des foſſiles, ou des végétaux, reſte conſtamment la même, & n'éprouve

(1) Merſenni Harmonic. Lib. 3, Propoſ. 13. p. 52. (2) Bombardier François, pag. 38.
(3) Robins New. Princip. of Gunnery, Præf. p. 44, c. 2. prop. 7.

aucun changement dans le vuide, auſſi-bien que lorſqu'ils ſont expoſés au grand air; elle ne devient, ni plus grande, ni plus petite, lorſqu'on laiſſe rentrer l'air ſous le récipient, pourvu qu'on ait ſoin de conſerver la même température à ces corps, & de ne les point rendre humides: ainſi que le démontrent très bien les expériences de *Boyle*, d'*Hauxbée*, de *Derham*, & que j'en ai été convaincu par mes propres expériences, & par toutes celles que j'ai ajoûtées à celles des célebres Phyſiciens dont je viens de parler, en éprouvant de la baleine, des cordes d'inſtrumens, de la laine, des plumes, des bois, des métaux, des éponges, du verre, du roſeau des Indes: d'où il ſuit que la cauſe de l'élaſticité ne dépend point de l'air élaſtique, qui ſeroit diſſéminé entre les molécules conſtituantes des corps, & qui rempliroit les pores qu'elles laiſſent entr'elles; lequel, étant lui-même comprimé par la compreſſion, ou par l'inflexion qu'on fait éprouver aux corps, reporteroit, par ſon élaſticité, les parties des corps dans leur premiere ſituation: car on n'appercevroit point dans le vuide aucun ſigne d'élaſticité.

On peut faire ces expériences de la maniere ſuivante. A B [*Tab.* 19 *fig.* 13.] eſt un cylindre, ſur la circonférence duquel ſont creuſés trois gouttieres; ce cylindre eſt attaché au fil de cuivre C E, qui paſſe par une boîte D E, garnie de colliers de cuirs: cette boîte eſt adaptée ſur le couvercle F G, de façon que la tige C E puiſſe être élevée ou abaiſſée à volonté; on place dans les trois gouttieres, dont nous venons de parler, trois bâtons, par exemple, qu'on veut éprouver S V, O Q, R L: & on les attache fortement par le moyen d'une corde qu'on lie autour du cylindre A B; afin qu'ils ne puiſſent point ſortir de leurs gouttieres. Les choſes étant ainſi diſpoſées, on tend le reſſort de ces bâtons en les faiſant entrer dans un anneau de cuivre fort étroit P N L, attaché à la platine de la machine pneumatique, par le moyen d'une vis placée en K. On recouvre le tout d'un récipient F G H I, & on fait le vuide. Lorſqu'on a retiré l'air du récipient, autant que faire ſe peut, on tire de bas en-haut la tige C E, par le moyen de la poignée X; le cylindre A B ſuit le mouvement de la tige, & les trois bâtons ſortent alors de l'anneau P N L: ils développent leur reſſort en s'étendant juſqu'en A T B M, & occupent alors le même eſpace qu'ils occupoient avant qu'on fît le vuide, & qu'on les plaçât dans l'anneau de cuivre P N L.

§. DCCLXVII. D'autres Philoſophes recherchant la cauſe de l'élaſticité, ont imaginé que les pores des corps A, B, C [*Tab.* 19. *fig.* 10.], qui étoient dans leur ſituation naturelle, étoient cylindriques; mais que lorſque ces corps étoient courbés, a, b, c, leurs pores devenoient coniques, & qu'ils étoient plus grands à l'extérieur k, m, & plus petits vers l'intérieur d, e. Cela poſé, ils ont imaginé qu'il y a un air ſubtil qui, ſe trouvant continuellement en mouvement, s'inſinue dans le côté le plus large k, m, en plus grande quantité qu'il n'en peut ſortir par les côtés les plus étroits d, e; de ſorte que cette matiere ſubtile doit aller ſe précipiter contre le côté a d, & le preſſer vers f; que les deux côtés de la partie b ſont preſſés de l vers g, & de i vers g; ils prétendent auſſi que c eſt preſſé vers h, & que par-là les extrêmités les plus étroites des pores, devenant plus larges proche d & e, les parties a, b, c ſont obligées de reprendre leur premiere ſituation A, B, C, dans laquelle elles étoient auparavant.

Toute ingénieuse que soit cette hypothese, voici néanmoins ce que nous observons.

1°. C'est une pure supposition que d'avancer qu'il y ait un air subtil qui remplisse tous les espaces.

2°. En admettant même l'existence de cet air, & qu'il fût agité d'un mouvement continuel, il ne pourroit couler que selon une même direction; ainsi qu'on l'observe dans tous les fluides qui ont un cours, ou un écoulement marqué. Supposons donc pour un moment que son écoulement soit tellement dirigé, que A, B, C, venant à prendre l'inflexion a, b, c, ce fluide puisse s'insinuer par la partie la plus large des pores de ce corps; dans ce cas la restitution aura lieu: mais si immédiatement après le même corps vient à être fléchi en sens contraire, la matiere subtile aura t-elle connoissance de ce changement, & changera-t-elle pour cela la direction de son flux? Car si son écoulement suit la même direction que précédemment, elle pénétrera les interstices du corps par leur côté le plus étroit; & la restitution de ce corps en son premier état ne pourra point avoir lieu.

3°. Supposons maintenant deux corps dans le voisinage l'un de l'autre, mais courbés en sens contraire; l'un selon la direction a, b, c, & l'autre selon celle de K L M: n'est il pas manifeste que ces deux corps ne pourront point se rétablir dans leur premier état, & reprendre leur premiere figure, par l'action du fluide qui couleroit à travers ces deux corps, & suivroit la même direction. Pareillement si vous prenez plusieurs lames élastiques, & que vous les courbiez de façon que vous leur fassiez prendre la figure d'une sphere; il est de toute impossibilité que toutes ces lames, abandonnées à elles mêmes, puissent toutes reprendre dans le même moment, & de la même maniere, leur premiere rectitude, en vertu de l'action d'un fluide qui les pénétreroit toutes dans le même sens: néanmoins l'expérience dépose le contraire; car si-tôt qu'on abandonne à elles-mêmes de pareilles lames, elles se rétablissent aussi-tôt dans leur premiere situation. On ne peut point non plus, dans cette occasion, avoir recours à un fluide subtil, qui agiroit & auroit son écoulement en toutes sortes de sens, ainsi que les écoulemens de la matiere électrique; puisqu'il ne seroit pas possible qu'un corps, que nous nommons élastique, pût reprendre sa premiere figure, par l'impulsion d'un fluide qui agiroit en même tems en deux sens contraires, à moins qu'on ne suppose que ce fluide n'agisse dans le même tems, selon toutes les directions imaginables: ce qui paroît au-delà de toute vraisemblance.

§. DCCLXVIII. Ces difficultés, bien pesées & bien réfléchies par d'habiles Physiciens, leur ont fait modifier la premiere hypothese, & les ont obligé de supposer que la matiere subtile étoit elle-même douée d'une forte élasticité, en vertu de laquelle elle repoussoit de toutes ses forces les parties solides des corps qu'elle pénétroit, & leur communiquoit, par ce moyen, l'élasticité dont ils jouissent: or, dans ce sentiment, on entasse, comme il paroît manifestement, hypothese sur hypothese; savoir, 1°. qu'il existe une matiere subtile; 2°. que cette matiere est élastique: ce qui rend le sentiment de ces Physiciens tout-à-fait chimérique.

2°. Néanmoins admettons pour un moment l'existence de cette matiere subtile, & supposons, avec ses partisans, qu'elle soit élastique, les parties de

de cette matiere font donc fufceptibles d'éprouver une compreffion, & de perdre la figure qui leur eft propre, & enfuite de fe rétablir dans leur premier état : or n'eft-il pas naturel de demander ici, en vertu de quelle caufe cet effet peut avoir lieu? Aura-t-on recours à une autre matiere plus fubtile, & en même-tems élaftique? Mais quelle fera encore la caufe de l'élafticité de ce nouveau fluide? De forte qu'en continuant ainfi fucceffivement notre même raifonnement, nous n'en ferions pas plus avancé dans notre recherche.

§. DCCLXIX. D'autres Phyficiens ont regardé la matiere du feu comme la caufe de l'élafticité ; parcequ'il eft vraifemblable que le feu eft élaftique : mais ce fentiment n'eft pas mieux fondé que les autres; car on remarque conftamment que les corps font d'autant moins élaftiques, qu'ils contiennent une plus grande quantité de feu ; ce qui paroît manifeftement dans les métaux, le verre, &c, qui fe ramolliffent & tombent en fufion, lorfqu'ils font expofés à l'action du feu qui les pénetre. Nous ne nions cependant pas que le feu n'augmente l'élafticité de l'air ; mais on ne doit pas le regarder comme la caufe univerfelle de l'élafticité.

Il paroît probable que l'Auteur de la Nature a fouftrait jufqu'à préfent à nos recherches la véritable caufe de l'élafticité ; parceque les Philofophes n'ont pas encore affez férieufement examiné la conformation, les propriétés & les effets des corps élaftiques, & qu'ils n'ont pas encore affez réfléchi fur toutes les caufes que la Nature emploie dans fes différentes opérations : il eft donc plus prudent de fufpendre fon jugement jufqu'à ce que la Phyfique ait fait un plus grand nombre de découvertes, & que les obfervations & l'expérience nous aient mis à portée de juger prudemment fur cette matiere : fans cela nous donnerons toujours dans l'erreur, & nous furchargerions la Phyfique de pures hypothefes, dépourvues de vraifemblance. L'idée de ceux qui, d'après le célebre *s'Gravefande*, fe font fpécialement attachés à découvrir les différens degrés d'élafticité des corps, & à examiner les loix de l'élafticité, me paroît bien plus raifonnable ; car ces découvertes font bien plus avantageufes à la fociété, que ne feroit la connoiffance de la caufe de tous ces effets.

CHAPITRE XVII.

De la Percussion.

§. DCCLXX. Nous nommons *percussion* l'action d'un corps qui, étant mis en mouvement, & rencontrant en son chemin un autre corps, déploie contre lui, par son contact, la force dont il jouit.

§. DCCLXXI. La percussion a lieu, 1°. lorsqu'un corps en mouvement heurte contre un corps qui est en repos. 2°. Lorsque deux corps, parcourant un même chemin, celui qui vient derriere, étant mu avec plus de vîtesse que celui qui le précede, tombe sur ce dernier, & le choque. 3°. Elle a encore lieu lorsque deux corps, mus en sens contraire, se rencontrent en un point commun, où ils se choquent. Ces trois cas ont lieu, 1°. entre des corps durs; 2°. entre des corps mous: 3°. enfin entre des corps élastiques. Les célebres Mathématiciens, *Christophore*, *Wrenn*, *Jean Wallis*, *Hughens*, furent les premiers qui examinerent dans le siecle dernier les loix de la percussion; & qui, les ayant découvertes, en firent part au public, à-peu près dans le même tems. Plusieurs Physiciens s'associerent ensuite aux travaux de ces grands hommes, & travaillerent de différentes manieres sur cette doctrine: mais celui de tous qui se distingua le plus en cela, fut l'incomparable *s'Gravesande*, qui traita cette matiere à fond.

§. DCCLXXII. On appelle *vîtesse respective*, celle avec laquelle deux corps s'approchent ou s'éloignent l'un de l'autre. Si par conséquent un corps, étant en repos, un autre corps en mouvement s'approche du premier, la vîtesse respective sera la même que la vîtesse absolue. Si deux corps sont portés dans le même chemin, & vers un même but, la vîtesse respective sera égale à la différence des vîtesses qui animent ces deux corps, soit qu'ils s'approchent, soit qu'ils s'éloignent l'un de l'autre; par exemple, si un des deux corps est mu avec une vîtesse = 5 degrés, & que l'autre suive le premier avec une vîtesse = 8, la vîtesse respective = 3. Si deux corps se meuvent selon des directions opposées, la vîtesse respective sera égale à la somme des vîtesses absolues de ces deux corps.

§. DCCLXXIII. Si un des deux corps est en repos, & que l'autre soit en mouvement, le lieu du contact de ces deux corps sera celui où se trouve placé le corps en repos; & le tems que le corps en mouvement emploiera à choquer le corps en repos, sera égal à l'espace qui est interposé entre ces deux corps, divisé par la vîtesse de celui qui est en mouvement.

§. DCCLXXIV. Si deux corps se meuvent en sens contraire, ils pourront alors se mouvoir, ou avec des vîtesses égales, ou avec des vîtesses inégales: s'ils se meuvent avec des vîtesses égales, le tems qu'ils emploieront pour se choquer, sera égal à la moitié de l'espace qu'ils parcourront, divisé par leur vîtesse commune: & le point du contact divisera cet espace en deux parties égales.

§. DCCLXXV. Mais si ces deux corps se meuvent en sens contraire, & avec des vîtesses inégales; alors la longueur de l'espace qu'ils auront à par-

courir, fera au tems qu'ils emploieront à le parcourir, comme la fomme de leur vîteſſe eſt au tems qu'ils auront déja employé à ſe mouvoir.

Suppoſons que la vîteſſe d'un de ces deux mobiles $= a$, que la vîteſſe de l'autre $= b$, & que les tems employés pour ſe mouvoir avec de telles vîteſſes $= t$; les eſpaces parcourus par ces corps ſeront entr'eux comme les vîteſſes, ou comme $a + b$. Suppoſons enfin que l'eſpace qu'ils doivent parcourir, pour ſe choquer, $= s$, on aura $a + b : t :: s : \frac{ts}{a+b}$; le tems qu'ils emploieront donc pour ſe choquer, ſera égal à $\frac{ts}{a+b}$.

§. DCCLXXVI. On déterminera le point de leur contact par la proportion ſuivante. Le tems qu'un de ces deux mobiles a employé à ſe mouvoir, eſt à la vîteſſe de ce mobile, comme le tems requis pour le contact, & que nous venons de déterminer par la propoſition précédente, eſt au point du concours que nous cherchons; c'eſt-à-dire, $t : a :: \frac{ts}{a+b} : \frac{ats}{at+tb}$, qui eſt l'eſpace parcouru par le mobile a, dans le tems $\frac{ts}{a+b}$; & $t : b :: \frac{ts}{a+b} : \frac{bts}{at+bt}$; or $\frac{ats+bts}{at+bt} = s$ ou tout l'eſpace à parcourir.

§. DCCLXXVII. Si les deux corps ſe meuvent avec la même direction; mais que l'un des deux, ſavoir, celui qui ſuit, ſe meuve plus vîte que celui qui le précede, & que l'eſpace qui les ſépare $= s$, & que la vîteſſe ſoit $= a$ pour l'un, & $= b$ pour l'autre; on aura alors la différence qui eſt entre la vîteſſe de ces deux mobiles, eſt au tems pendant lequel ils ſe ſont mus avec les vîteſſes dont ils jouiſſent, comme l'eſpace qu'ils ont à parcourir eſt au tems qu'ils doivent employer pour ſe choquer, ou $b - a : t :: s : \frac{ts}{b-a}$; & on trouvera le point de leur contact, ſi on établit cette derniere proportion, $t : b :: \frac{ts}{b-a} : \frac{bts}{bt-at} = \frac{bs}{b-a}$.

§. DCCLXXVIII. Le *choc direct* arrive lorſque la ligne de direction paſſe par le centre de gravité des deux corps, & qu'elle eſt perpendiculaire ſur les ſurfaces qui ſe touchent mutuellement dans le choc.

§. DCCLXXIX. Nous donnons à tous les autres chocs le nom de *chocs obliques*. Nous traiterons d'abord du choc direct, & nous parlerons enſuite des chocs obliques.

§. DCCLXXX. Comme nous ne reconnoiſſons pour corps parfaitement durs que les élémens des corps qui ne peuvent point être ſoumis à l'expérience, eu égard à leur extrême ténuité qui les dérobe à nos ſens; nous ne pouvons établir que géométriquement les loix de leurs chocs, & quoique nous ne puiſſions point confirmer, par expérience, la théorie que nous allons donner, nous ne pouvons point omettre de traiter cette matiere; parcequ'elle eſt le fondement de celle qui concerne le choc des autres corps, & qu'elle eſt indiſpenſablement néceſſaire pour ſaiſir, comme il convient,

la théorie des chocs entre les corps de toute autre eſpece, ainſi qu'on le remarquera très bien par la ſuite.

§. DCCLXXXI. Lorſqu'un corps dur choque un autre corps dur, la figure de ces deux corps ne ſouffre aucune altération ; par conſéquent il ne ſe conſomme aucune force qui tende à changer, par le choc, la figure du corps choquant, & du corps choqué : mais toute la force qui agit dans cette rencontre eſt employée à pouſſer & à mouvoir le corps choqué. La ſomme des forces ſe diſtribue dans les deux corps, de maniere que la vîteſſe ſoit égale dans l'un & dans l'autre corps ; ce qui s'exécute précisément dans le tems du choc : & ſi les corps ſe meuvent ſelon des directions oppoſées, les forces égales ſe détruiſent mutuellement.

§. DCCLXXXII. Soient deux corps A & B, qui ſe meuvent tous les deux ſelon la même direction ; ſuppoſons que la vîteſſe du corps A, qui eſt plus grande que celle du corps B, $= a$, & que la vîteſſe du corps $B = b$: en vertu de l'excès de vîteſſe de A ſur B, le corps A atteindra le corps B dans un point, & le choquera. Après ce choc la vîteſſe de A ſera plus petite qu'elle étoit avant le choc, & celle de B ſera devenue plus grande ; puiſque ces deux mobiles, après le choc, ſe mouveront avec la même vîteſſe. Nommons cette vîteſſe commune x, on aura $x < a$, & $> b$; par conſéquent le corps A, qui ſe mouvoit avant le choc avec une vîteſſe $= a$, & parcouroit un eſpace $= a$ dans un tems donné, ne parcourra plus, après le choc, qu'un eſpace $= x$; & le corps B, qui, après le choc, jouit d'une vîteſſe $= x$, parcourra auſſi un eſpace $= x$: la vîteſſe reſpective de ces deux corps ſera donc $= a - b$.

Concevons maintenant que le corps A eſt placé ſur un plan non matériel, lequel, étant porté en arriere, ſe meuve avec une vîteſſe $= a - x$; & que le corps B ſoit placé ſur un autre plan, qui ſe meuve avec une vîteſſe $= x - b$: la vîteſſe reſpective ſera encore, dans cette hypotheſe, $= a - b$, telle qu'elle étoit dans les deux mobiles dont nous venons de parler. Or, ſoit que les corps A & B ſe meuvent avec des vîteſſes propres ſur des plans immobiles, ſoit que ces deux corps ſoient placés ſur des plans qui tranſportent ces corps, & qui ſe meuvent avec les mêmes vîteſſes dont ces corps jouiſſoient, les efforts du choc ſeront toujours les mêmes ; par conſéquent les forces du corps A, qui eſt tranſporté avec le plan qu'il parcourt, ſont $= A \times \overline{a - x}^2$, & celles du corps B, qui ſe meut conjointement avec le plan qui le porte, ſont $= B \times \overline{x - b}^2$.

Par conſéquent la ſomme des forces de ces deux corps eſt $= Aaa - 2Aax + Axx + Bxx - 2Bbx + Bbb$. Les corps qui ſe choquent doivent agir l'un contre l'autre avec la plus petite action poſſible ; c'eſt-à-dire, avec un *minimum* de force. Soit donc retranchée de la quantité précédente une quantité infiniment petite, ou la *différencielle*, & on aura $- 2Aadx + 2Axdx + 2Bxdx - 2Bbdx = 0$; & en tranſpoſant, on aura $2Axdx + 2Bxdx = 2Aadx + 2Bbdx$: & en diviſant par $2dx$ tous les termes, on aura $Ax + Bx = Aa + Bb$; enfin en diviſant par $A + B$, on aura $x =$

$$\frac{Aa + Bb}{A + B}.$$

§. DCCLXXXIII. Si les corps ſe meuvent ſelon des directions contraires, A avec une vîteſſe $= a$, & B avec une vîteſſe $= b$, & que la vîteſſe commune, après le choc, $= x$; on aura A, placé ſur un plan qui ſe meut avec une vîteſſe $= a - x$; & B, placé ſur autre plan qui ſe meut avec une vîteſſe $= b + x$. La vîteſſe reſpective de ces deux corps, ſur un plan immobile, ſera $= a + b$; & ſur des plans mobiles, elle ſera encore $= a + b$, & conſéquemment la même : la ſomme des forces de ces deux corps ſera donc $= Aaa - 2Aax + Axx + Bbb + 2Bbx + Bxx$. En prenant la *différencielle*, qui ſera réputée o, on aura $-2Aadx + 2Axdx + 2Bbdx + 2Bxdx = 0$; en tranſpoſant, on aura $2Axdx + 2Bxdx = 2Aadx - 2Bbdx$: & en diviſant par $2dx$, on aura $Ax + Bx = Aa - Bb$; par conſéquent, en diviſant par $A + b$, on aura $x = \frac{Aa - Bb}{A + B}$. Par conſéquent ſi $a = b$, on aura $\frac{Aa - Bb}{A + B} = 0$.

Les deux corps, dans cette hypotheſe, demeureront donc en repos après le choc, toutes leurs forces étant détruites; d'où il ſuit néceſſairement qu'il y a des forces qui ſe perdent dans la Nature, ou qui ne produiſent aucun mouvement.

§. DCCLXXXIV. Si le corps A eſt en mouvement, & que le corps B ſoit en repos, on aura $b = 0$; & par conſéquent $x = \frac{Aa}{A + B}$: puiſque les forces du corps $A = A \times \overline{a - x}^q$, & que celles du corps $B = Bxx$.

Suppoſant que le plan ſur lequel le corps A eſt placé, ſe meuve avec une vîteſſe $= \frac{1}{2}a$, & que B ſe meuve en ſens contraire, avec une vîteſſe $= \frac{1}{2}a$; la vîteſſe relative de ces deux corps $= a$. En prenant la différencielle de ces deux ſommes, on aura $-2Aadx + 2Axdx + 2Bxdx = 0$; & en diviſant par $2dx$, on aura $-Aa + Ax + Bx = 0$, ou $Ax + Bx = Aa$: en diviſant par $A + B$, on aura $x = \frac{Aa}{A + B}$. Dans cette hypotheſe les forces ne ſe détruiſent pas mutuellement; puiſque A qui $= B$, ſe meut avec une vîteſſe $= 1$, & que $A = 1$, on aura $\frac{Aa}{A + B} = \frac{1 \times 1}{1 + B} = \frac{1}{2}$; par conſéquent la vîteſſe commune $= \frac{1}{2}$: mais la vîteſſe du mobile A, placé ſur le plan, étoit dans la ſuppoſition précédente $= \frac{1}{2}$; celle du corps B, également placé ſur un plan, étoit $= \frac{1}{2}$: d'où il ſuit que les forces du mobile A ſont encore les mêmes, après le choc, qu'elles l'étoient avant; ſavoir, pour $A = A \times \overline{\tfrac{1}{2}}^q$, & pour $B = B \times \overline{\tfrac{1}{2}}^q$.

§. DCCLXXXV. Si un corps en mouvement rencontre en ſon chemin un obſtacle immobile, ou d'une grandeur infinie, qui ſoit en repos, & par conſéquent qu'on ait $B = \infty$; puiſque $x = \frac{Aa}{A + B}$, le quotient ſera $= \frac{1}{\infty} = 0$: & la vîteſſe qui reſtera après le choc, ſera infiniment petite, ou nulle.

M. *de Maupertuis* a détaillé plus amplement cette théorie (1).

§. DCCLXXXVI. Si deux corps mous se choquent, il doit arriver deux effets de ce choc. 1°. La figure de ces deux corps sera altérée; parceque les parties qui se choqueront rentreront en dedans, ou se sépareront de la masse totale. 2°. Ces deux corps se mouveront, après le choc, avec un mouvement commun.

Si un corps dur rencontre un corps mou, & qu'il le choque, la figure du corps mou sera altérée, les parties de ce corps qui auront été en contact, étant repoussées en dedans, & ils se mouveront l'un & l'autre, après le choc, avec une vîtesse commune: néanmoins les parties du corps mou ne peuvent être repoussées en-dedans; à moins que la force avec laquelle elles adherent entr'elles, ne puisse être surmontée; mais cette force, avec laquelle ces parties adherent entr'elles, oppose une résistance réelle: par conséquent elle détruit une partie de la force du corps choquant (§. 311). D'où il suit que chaque fois qu'un corps dur choque un corps mou, le corps choquant perd une partie de sa force; savoir, celle qu'il emploie à changer la figure du corps choqué.

Les corps mous qu'on emploie pour vérifier, par expérience, la théorie que nous allons avancer, sont faits de terre grasse; de celle dont on se sert pour faire des pots: celle qui seroit plus dure ne vaudroit rien pour ces sortes d'expériences; parceque ses parties auroient quelques degrés d'élasticité. Celle qu'on emploie pour former des pipes ne vaut rien pareillement; elle est un peu élastique: ce qui peut venir de ce que ses parties sont extrêmement fines.

Nous donnons aux corps durs, dont nous nous servons, la forme d'un cône, & nous le laissons tomber sur un autre corps, qui est rempli de terre grasse, & qu'on peut rendre plus ou moins pesant à volonté. *s'Gravesande* a décrit la figure de ces corps (2).

§. DCCLXXXVII. Si le corps A tombe & vient choquer le corps mou B, qui lui est égal en masse, & qui est en repos; après le choc, ces deux corps A & B se mouveront ensemble, avec une vîtesse sous-double de celle dont jouissoit le corps choquant: d'où il suit que, dans ce cas, la moitié de la force imprimée au mobile A, se consomme pour altérer la figure du corps choqué. Par exemple, en conservant la même hypothese, si le corps A, muni de 10 degrés de vîtesse, choque le corps B, le corps choquant jouit, avant le choc, de 100 degrés de force: or comme, après le choc, ces deux corps se meuvent avec 5 degrés de vîtesse, la force de chacun de ces corps = 25; & la somme de leurs forces = 50, moitié des 100 degrés de force qui existoient avant le choc. Il périt donc, dans cette hypothese, 50 degrés de force, qui sont employés à changer la figure du corps choqué; lequel changement consiste en une cavité conique, que le corps choquant se creuse dans la masse du corps qu'il choque.

Par conséquent, dans l'hypothese présente, le corps A agit de maniere contre le corps B, que la vîtesse de chacun de ces corps, après le choc, n'est que la moitié de celle dont jouissoit, avant le choc, le corps A; par-

(1) Hist. de l'Acad. de Berlin, ann. 1746. (2) Elem. Phys.

teque ce mobile doit mouvoir, avec le moins de force qu'il lui eſt poſſible, le corps B. Si donc la vîteſſe du corps choquant $= a$, & qu'après le choc elle devienne $= x$, on aura, ſuivant ce que nous avons déja démontré (§. 784), $x = \frac{A a}{A + B} = \frac{A \times 10}{A + B} = 5$.

§. DCCLXXXVIII. Chaque fois que la vîteſſe reſpective de deux corps A & B, égaux en maſſe, & qui ſe choquent, eſt la même; l'altération de figure eſt la même, ainſi que la force détruite par le choc: en effet ſi ces deux corps ſe choquent réciproquement, ſelon une direction oppoſée, & que A ſoit porté avec une vîteſſe = 5 degrés, & que B ſoit porté vers A avec une même vîteſſe, la vîteſſe reſpective de ces deux mobiles = 10 degrés (§. 787). Après le choc, ces deux corps reſteront en repos, & ils perdront l'un & l'autre 25 degrés de force, qui ſeront employés à l'altération de la figure; changement qui ſera parfaitement égal à celui dont nous venons de parler. Cela doit néceſſairement arriver ainſi; parceque les corps agiſſent les uns contre les autres avec la plus petite action poſſible; par conſéquent ſi la vîteſſe de $A = a$, & que celle de $B = b$, & qu'après le choc la vîteſſe reſtante $= x$, on aura $x = \frac{A a - B b}{A + B} = 0$; parceque $A a = B b$.

§. DCCLXXXIX. Si A s'avance avec 6 degrés de vîteſſe, & que B ſoit porté contre lui avec 4 degrés de vîteſſe, la vîteſſe reſpective ſera encore = 10 degrés; & après le choc, le changement de figure ſera le même que précédemment. Si le mobile A eſt porté avec 8 degrés de vîteſſe, & B avec une vîteſſe = 2, le changement de figure ſera encore le même; puiſque la vîteſſe reſpective de ces deux corps eſt encore = 10.

§. DCCXC. La même choſe arrive encore lorſque le corps A ſe meut ſelon la même direction, mais avec plus de vîteſſe que le corps B, qui avance devant lui plus lentement; car ſuppoſons que A ſoit mû avec 15 degrés de vîteſſe, & que B, qui le précede, ſoit mû avec 5 degrés de vîteſſe: dans cette hypotheſe, la vîteſſe reſpective de ces deux corps eſt encore = 10 degrés; & l'expérience démontre que, dans le choc, le changement de figure eſt encore le même. Dans cette hypotheſe, l'action entre ces deux corps doit encore être autant petite qu'elle puiſſe être; par conſéquent la vîteſſe reſtante après le choc $= x = \frac{A a + B b}{A + B}$, ou $\frac{1 \times 15 + 1 \times 5}{2} = 10$.

En effet, dans le cas préſent, il y a encore 50 degrés de force conſommés pour l'altération de la figure; car les forces du corps $A = 1 \times 15 \times 15 = 225$: celles de $B = 1 \times 5 \times 5 = 25$. La ſomme totale = 250, de laquelle, ſi on retranche 50, le reſte ſera = 200; ſavoir, 100 degrés pour chacun des deux corps, dont la vîteſſe commune = 10.

§. DCCXCI. On voit manifeſtement, par ce que nous venons de démontrer, que la force qui ſe trouve dans deux corps égaux, qui ſe choquent réciproquement avec une égale vîteſſe, doit ſe perdre par le changement de figure. Ainſi toutes les fois que deux corps, égaux en maſſe, auront la même vîteſſe reſpective, comme dans le cas précédent, & qu'ils ſeront portés

l'un vers l'autre, on pourra toujours favoir combien il fe perd de force dans le choc, quelles que foient les forces avec lefquelles les corps puiffent fe mouvoir après le choc, & de quelque maniere que fe faffe ce mouvement. fuppofons que A fe meuve avec une vîteffe = 7, & B avec une vîteffe = 5; la vîteffe refpective de ces deux corps = 12, dont la moitié = 6. Par conféquent fi les deux mobiles A & B fe fuffent mûs, felon des directions oppofées, avec des vîteffes = 6, la force de chacun de ces deux corps, qui = 36, eût été confommée dans le choc, par le changement de figure, & la perte totale eût été = 72 : mais dans l'hypothefe que l'un de ces corps fe meut avec 7 degrés de vîteffe, & l'autre avec 5, les forces font = 49 + 25 = 74.

§. DCCXCII. Nous avons déterminé jufqu'à préfent la vîteffe commune qui refte après le choc, dans chaque corps, en trouvant la valeur de x égale à une quantité connue; mais on peut encore parvenir au même but par le moyen fuivant.

Retranchez de la fomme des forces, avant la percuffion, celle qui périt par le choc, & divifez le refte par la fomme des maffes; retirez après cela la racine quarrée du quotient, & cette racine fera la vîteffe commune que vous cherchez. Quant à la direction, il faut, pour la trouver, faire attention à celle du mobile, qui fe meut avec une plus grande vîteffe avant le choc.

En effet, le mobile A, tombant fur le corps B, en repos, & l'atteignant par dix degrés de vîteffe; les forces perdues par ce choc étant égales à 50, les forces reftantes = 50; lequel nombre, divifé par 2, fomme des maffes, donne 25 au quotient dont la racine qurrée = 5, qui exprime ainfi qu'on l'a démontré ci-deffus, la vîteffe commune.

Suppofons que A, muni de 8 degrés de vîteffe, vienne à la rencontre de B, qui lui-même étant mû en fens contraire, s'avance vers A avec deux degrés de vîteffe; dans cette hypothefe la vîteffe refpective de ces deux corps = 10, la force du mobile A = 64, & celle de B = 4. Par conféquent la fomme totale des forces = 68 : or la force qui fe perd dans le choc = 50; laquelle, étant retranchée de 68 = 18. Si on divife donc 18 par 2, fomme des deux maffes, le quotient fera = 9, dont la racine quarrée = 3; qui exprimera la vîteffe commune des deux corps, après le choc, qui fe mouveront felon la direction du corps A, qui fe mouvoit plus vîte que B avant le choc.

Suppofons maintenant que le corps A, muni de 20 degrés de vîteffe, fuive, felon la même direction, le corps B, qui s'avance avec 10 degrés de vîteffe; la vîteffe refpective de ces deux corps fera = 10 degrés; les forces du corps A feront = 400, & celles du corps B = 100 : par conféquent la fomme totale des forces fera = 500. Les forces qui fe perdront dans le choc feront = 50; lefquelles, étant fouftraites de la totalité des forces, donneront pour refte 450. Si on divife donc ce dernier nombre par 2, on aura pour quotient 225, dont la racine quarrée fera = 15, qui indiquera la vîteffe commune des deux corps après le choc.

§. DCCXCIII. On pourra encore connoître la force qui périra dans le choc, lorfque les deux corps qui fe choqueront auront des maffes inégales, en multipliant les deux maffes l'une par l'autre, en multipliant enfuite le premier

premier produit par le quarré de la vîteſſe reſpective, & en diviſant enfin ce dernier produit par la ſomme des deux maſſes. Cette regle eſt établie ſur l'expérience ſuivante.

Chaque fois que deux corps inégaux en maſſe ſe meuvent en ſens contraire, & ſe choquent avec des vîteſſes qui ſont en raiſon réciproque de leur maſſe, ces deux corps demeurent en repos après le choc, ayant conſommé leurs forces par le changement de leur figure. Soient donc deux corps A & B; que le premier de ces deux corps ſe meuve avec une vîteſſe $= a$, & le ſecond avec une vîteſſe $= b$: toute la force de ces deux corps ſe conſommera dans le choc, ſi on a la proportion ſuivante, $A : B :: b : a$. En effet comme ces deux corps ſe choquent par des directions contraires, leurs vîteſses reſpectives $= a + b$. Or ſuppoſons que $a + b = d$; en conſidérant la proportion que nous venons d'indiquer, on aura, par compoſition, $A + B : B :: d : a$. Donc $a = \frac{B\,d}{A + B}$, on aura auſſi $A + B : A :: d : b$; donc $b = \frac{A\,d}{A + B}$. La ſomme des forces de chaque corps ſera donc $A\,a\,a + B\,b\,b$. Maintenant ſubſtituons à la place de $a\,a$ une quantité connue qui lui ſoit égale; ſavoir, $\frac{B\,B\,d\,d}{\overline{A + B}^q}$; & à la place de $b\,b$, ſubſtituons $\frac{A\,A\,d\,d}{\overline{A + B}^q}$; ces quantités, multipliées par les maſses, donneront $A\,a\,a + B\,b\,b = \frac{A\,B\,B\,d\,d + A\,A\,B\,d\,d}{\overline{A + B}^q}$. La diviſion étant faite par $A + B$, on aura $\frac{A\,B\,d\,d}{A + B}$; & comme nous avons ſuppoſé que les vîteſses étoient en raiſon inverſe des maſses, ces forces ſeront conſommées pour l'altération de la figure.

§. DCCXCIV. On connoîtra la vîteſse commune après le choc, ſi, ayant retiré les forces détruites par le choc, de la ſomme des forces qui exiſtoient avant la percuſſion, on diviſe le reſte par la ſomme des maſſes, & qu'on retire la racine quarrée du quotient : cette racine ſera le nombre qu'on cherche, & elle indiquera la vîteſſe commune.

Si la vîteſſe de A eſt à celle de B, en raiſon réciproque de leurs maſſes; ces deux corps, après le choc, reſteront en repos, toutes leurs forces étant conſommées par le changement de figure. En effet, ſuppoſons que la vîteſſe de $A = 1$, & que celle de $B = 2$; que la maſſe de $A = 2$, & que celle de $B = 1$, la ſomme des forces ſera $= 6$: la perte des forces, dans le choc, ſera auſſi $= 6$; parceque $\frac{A\,B\,d\,d}{A + B} = \frac{2 \times 1 \times 3 \times 3}{3} = 6$.

§. DCCXCV. On pourroit demander ici pourquoi deux corps, qui ſe meuvent avec des vîteſſes qui ſont en raiſon réciproque de leurs maſſes, reſtent en repos après le choc?

1°. Si on fait attention à la propoſition 300, on y apprendra que des corps qui ſe meuvent avec des vîteſſes qui ſont en raiſon réciproque de leurs maſſes, ſe meuvent avec des forces égales. Ainſi ſi $A : B :: b : a$, les vîteſſes ſeront a & b; & on aura $A\,a = B\,b$: & les forces ſeront comme $B : A$.

2°. Suppoſons que le corps A ſe meuve avec une vîteſſe $=a$, & qu'il parcoure un eſpace $=a$; tandis que le corps B ſe meut avec une vîteſſe $=b$, & qu'il parcourt un eſpace $=b$. Suppoſons auſſi que leur vîteſſe commune, après le choc, $=x$; que ces deux corps ſoient placés ſur un plan, qui ſe meuve ſelon la direction de B, avec une vîteſſe $=x$: dans ce cas, le corps A eſt porté avec une vîteſſe $=a-x$, & B ſe meut avec une vîteſſe $=b+x$; par conſéquent ces deux corps, ſe mouvant en ſens contraire, la ſomme de leurs forces & de leurs actions ſera $=Aaa-2Aax+Bbb+2Bbx+Bxx$. Pour ne prendre de cette ſomme que la plus petite quantite poſſible, qui eſt celle qui exprime l'action de ces deux corps l'un contre l'autre, ſuppoſons que la différencielle ſoit $-2Aadx+2Axdx+2Bbdx+2Bxdx=0$; & ayant diviſé par $2dx$, on aura $-Aa+Ax+Bb+Bx=0$: en tranſpoſant, on aura $Ax+Bx=Aa-Bb$; & en diviſant par $A+B$, on aura $x=\frac{Aa-Bb}{A+B}$.

Mais $\frac{Aa-Bb}{A+B}=0$; car nous avons vu ci deſſus, qu'en prenant la proportion $A:B::b:a$, on a $Aa=Bb$: Donc $Aa-Bb=0$. On aura donc $\frac{Aa-Bb}{A+B}=\frac{0}{A+B}=0$; & par conſéquent x, vîteſſe commune après le choc $=0$. Suppoſons que le corps A, dont la maſſe $=2$, ſe meuve avec une vîteſſe $=8$, & que le corps B, dont la maſse $=1$, ſe meuve avec une vîteſse $=4$; la perte des forces, dans cette hypotheſe, ſera $=\frac{ABdd}{A+B}=\frac{288}{3}=96$. Les forces du corps A ſeront $=64\times2=128$, & celles du corps $B=16\times1=16$; & la ſomme totale de ces forces ſera $=144$: or ſi de cette ſomme totale on retranche 96, qui déſignent les forces perdues dans le choc, les forces reſtantes ne ſeront plus que 48; leſquelles, étant diviſées par 3, ſomme des deux maſses, donneront 16 pour quotient, dont la racine quarrée $=4$: par conſéquent la vîteſse commune des deux corps, dans cette hypotheſe, ſera $=4$, & les deux corps ſe mouveront ſelon la direction du corps A.

Mais ſi nous nous ſervons de la formule $\frac{Aa-Bb}{A+B}$, nous trouverons la viteſse commune par un calcul très ſimple & très prompt. En effet, dans l'exemple propoſé, on a, $Aa=16$, & $Bb=4$; par conſéquent $Aa-Bb=16-4=12$, & $\frac{Aa-Bb}{A+B}=\frac{12}{3}=4$.

Ceux qui ſeront curieux de connoître tout ce qui concerne le choc des corps mous, l'altération de leur figure, & les tems employés à former les excavations qui ſe font dans le choc, pourront conſulter *s'Graveſande* (1), qui a traité cette matiere très au long, & qui a ajoûté quantité de choſes curieuſes à la théorie qu'on a coutume de donner ſur cette matiere.

§. DCCXCVI. Soit une bille élaſtique DEBF [*Tab.* 19. *fig.* 11.], la-

(1) Elem. Phyſ.

quelle, étant lançée avec force, rencontre un obſtacle dur & immobile; la réſiſtance que cette bille éprouve dans le choc, fait que pluſieurs de ſes parties rentrent en-dedans,& s'approchent du centre de cette bille: ſa figure ronde devient donc ovale I K B C; mais quoique les parties qui ſont portées en-dedans par le choc, cedent à la force qui les preſſe, elles réſiſtent néanmoins, & elles réſiſtent d'autant plus,qu'il y a un plus grand nombre de parties qui ſont obligées de céder à cette action: cette réſiſtance détruit la force avec laquelle cette bille ſe mouvoit; cette force, étant détruite, l'élaſticité de cette bille, qui ſe manifeſtoit continuellement, fait effort pour lui rendre ſa premiere figure, & elle pouſſe au-dehors les parties qui étoient rentrées en dedans avec une force égale à celle qui les avoit fait rentrer. Or ſi l'élaſticité de cette bille eſt parfaite, les parties de la bille ſeront portées dans la premiere ſituation qu'elles occupoient auparavant; mais ces parties, en ſe rétabliſſant dans leur premiere ſituation, étant portées en ſens contraire, agiſſent contre l'obſtacle B, & excitent dans la bille, pour ſe mouvoir en remontant, une vîteſſe égale à celle avec laquelle elle s'étoit approchée de l'obſtacle; de ſorte que lorſqu'un corps eſt parfaitement élaſtique, ſon reſſort lui rend, en ſens contraire, des forces égales à celles qu'il perd lorſqu'il choque un obſtacle inſurmontable. Mais ſi l'obſtacle B eſt une maſſe mobile & élaſtique, la figure du corps choquant, ainſi que celle du corps choqué, ſera changée, & l'obſtacle ſera mis en mouvement ſelon la direction du corps choquant: mais ſi la bille ne rencontre point d'obſtacle, &, qu'étant parfaitement libre, elle ſoit choquée en-deſſus au point D, elle deviendra ovale, non ſeulement ſupérieurement, mais encore inférieurement, & ſes parties, tant ſupérieures qu'inférieures, s'approcheront du centre G: d'où il ſuit que, dans la percuſſion des corps élaſtiques, auſſibien que dans celle des corps mous, on remarque deux effets, l'un qui concerne la grandeur de l'altération de la figure, & l'autre le mouvement commun du corps choquant & celui du corps choqué. Quant au premier de ces deux effets, il n'eſt point poſſible de le rendre ſenſible par l'expérience; ce qui fait que nous ſommes obligés d'abandonner cette partie, & de donner toute notre attention à l'autre, qui concerne le mouvement commun des maſſes après le choc. Il ne faut pas s'attendre non plus que les réſultats des expériences qu'on peut faire ſur cette matiere ſoient auſſi conformes à la théorie que ceux des expériences qu'on tente ſur le choc des corps mous; parcequ'on n'en peut point trouver dans la nature de ce corps qui ſoient parfaitement élaſtiques.

§. DCCXCVII. Si deux corps élaſtiques, égaux en maſſe, A & B, viennent ſe choquer avec des vîteſſes égales, & en ſe mouvant en ſens contraire, ces deux corps, après le choc, retourneront ſur leurs pas, avec une vîteſse égale à celle avec laquelle ils ſe ſont approchés.

En effet, ſi ces deux corps étoient mous, ils conſommeroient toutes leurs forces dans le changement de figure qu'ils auroient à ſupporter, & ils demeuréroient en repos après le choc (§. 787): mais comme nous les ſuppoſons élaſtiques, leur figure, à la vérité, s'altere, & tant qu'ils agiſsent l'un contre l'autre, les parties en contact cedent à l'effort qu'elles éprouvent, & rentrent en-dedans; ces parties, en cédant à cet effort, s'oppoſent une mu-

tuelle réſiſtance, & détruiſent réciproquement les forces avec leſquelles elles agiſsent les unes contre les autres; ces forces, étant détruites, le reſſort de ces deux corps leur rend leur premiere figure : le corps A & le corps B ſe prêtent un mutuel appui, & agiſsent également l'un contre l'autre; & comme dans le choc la figure de chacun eſt également altérée, & que la force reſtituante eſt égale à la force compreſſive, le corps A & le corps B reçoivent, par la reſtitution de leur reſsort, une vîteſse égale à celle avec laquelle ils ſe ſont approchés pour ſe choquer, & ils retournent en arriere en parcourant le même chemin.

§. DCCXCVIII. Si un corps élaſtique A, étant en mouvement, rencontre en ſon chemin un autre corps élaſtique B, qui lui eſt égal en maſse, & qui eſt en repos; après le choc le corps A demeurera en repos, & le corps B ſe mouvera avec la même vîteſse, & ſelon la même direction, avec leſquelles le corps A s'eſt approché du corps B. Concevez ces deux corps comme placés ſur un vaiſseau qui avance avec une vîteſse = 5 degrés; que A courre de la poupe vers la proue avec une vîteſse de 5 degrés, alors la vîteſse abſolue de A ſera de 10 degrés : que B s'avance de la proue du vaiſseau vers la poupe, avec une vîteſse de 5 degrés, alors B ſe trouve dans un repos abſolu; mais A & B ſe rencontrent l'un & l'autre ſur le vaiſseau, ayant une vîteſse de 5 degrés : par conſéquent, ſuivant le §. 797, ils doivent retourner en arriere, chacun dans le chemin qu'ils avoient ſuivi auparavant, avec une vîteſse de 5 degrés. De cette maniere A, rebrouſsant chemin vers la poupe du vaiſseau, avec une vîteſse de 5 degrés, ſera porté par le vaiſseau vers la proue, avec une vîteſse de 5 degrés; ainſi il ſe trouvera dans un rerepos abſolu. Mais B, rebrouſsant chemin vers la proue, avec une vîteſse de 5 degrés; & étant en même tems porté ſelon la même direction, par le mouvement du vaiſseau, avec une vîteſse de 5 degrés, reçoit, par ce moyen là, une vîteſse de 10 degrés : c'eſt pourquoi B ſera porté avec la même vîteſse que A avoit avant le choc, & ce dernier demeurera en repos.

§. DCCXCIX. Si ces deux mêmes corps A & B ſe choquent ſelon des directions oppoſées, & avec des vîteſses inégales, ils ſe ſépareront après le choc, & retourneront en arriere, ayant fait échange de leur vîteſse.

Suppoſons ces deux mobiles A & B, placés ſur un vaiſseau qui s'avance avec deux degrés de vîteſse; que le corps A courre de la poupe à la proue avec 6 degrés de vîteſse, & que le corps B, muni pareillement de 6 degrés de vîteſse, aille de la proue à la poupe. Dans cette hypotheſe, la vîteſse abſolue du corps A eſt de 8 degrés, & celle du corps B n'eſt que de 4 degrés; ces deux corps ſe rencontreront dans un endroit du vaiſseau, & ſe choqueront avec des mouvemens contraires : par conſéquent, après le choc, ſuivant le §. 797, ils retourneront en arriere avec la même vîteſse avec laquelle ils ſe ſont approchés; mais le corps A, retournant vers la poupe, avec 6 degrés de vîteſse, ſa vîteſse abſolue n'eſt ſeulement que de 4 degrés; tandis que celle de B, qui retourne vers la proue avec 6 degrés de vîteſse, jouit d'une vîteſse abſolue de 8 degrés.

§ DCCC. Si le corps A eſt mû ſelon la même direction que B, mais avec plus de vîteſse, & qu'il atteigne le corp B, qui ſe meut moins vîte que

lui ; ils feront portés l'un & l'autre selon la même direction : mais ils feront échange de leurs vîtesses.

Supposons encore un vaisseau qui s'avance avec 6 degrés de vîtesse, sur lequel le corps A va de la poupe à la proue avec une vîtesse de 2 degrés ; la vîtesse absolue de A sera de 8 degrés : que le corps B, placé sur le même vaisseau, s'avance de la proue à la poupe avec une vîtesse de 2 degrés, la vîtesse absolue de ce mobile sera de 4 degrés, par rapport au mouvement du vaisseau ; mais ces deux corps, se rencontrant avec des directions contraires, s'en retourneront en arriere, après le choc, avec les mêmes vîtesses avec lesquelles ils se sont rencontrés : par conséquent le corps A s'en retournera avec une vîtesse absolue de 4 degrés, & B s'en retournera muni d'une vîtesse absolue de 8 degrés : & conséquemment ces deux corps s'en retourneront en arriere après le choc, ayant fait échange de leurs vîtesses.

Si quelqu'un aimoit mieux de véritables démonstrations que les explications que nous venons de donner, qu'il consulte ce qui suit.

§. DCCCI. Pour suivre, sans nous interrompre, l'ordre de nos expériences, nous allons examiner maintenant le choc entre des corps élastiques, mais inégaux en masse.

Soient deux mobiles A & B, qui se meuvent tous les deux selon la même direction, A avec une vîtesse $= a$, & B avec une vîtesse $= b$; supposons que la vîtesse du corps A soit plus grande que celle du corps B, qui précede A dans son mouvement : que la vîtesse de A, après le choc, soit $= x$, & celle de $B = y$, la différence de la vîtesse, avant & après le choc, sera $= a - x$. Dans cette hypothese, les forces, dans le corps A, qui ont produit cette différence, $a - x$, sont $A \times \overline{a - x}^2$; & celles de B, qui ont concouru à la même différence, sont $B \times \overline{y - b}^2$: & la somme des forces $= Aaa - 2Aax + Axx + Byy - 2Bby + Bbb$. Or comme l'action entre ces deux corps s'est faite avec la plus petite dépense possible ; retranchons de cette somme la *différencielle*, qui est $- 2Aadx + 2Axdx + 2Bydy - 2Bbdy$, que nous supposerons $= 0$.

Or comme la vîtesse respective est la même après le choc qu'elle étoit auparavant, on aura $a - b = y - x$; & par conséquent $y = x + a - b$: d'où il suit que $dy = dx$. On pourra donc substituer dx à dy, & pour lors la quantité précédente sera $- 2Aadx + 2Axdx + 2Bydx - 2Bbdx = 0$; & en divisant tous les termes par $2dx$, on aura $- Aa + Ax + By - Bb = 0$.

Mais $By = Bx + Ba - Bb$; en substituant donc By à ces dernieres quantités, on aura $- Aa + Ax + Bx + Ba - 2Bb = 0$: & en transposant, on aura $Ax + Bx = Aa + 2Bb - Ba$; par conséquent $x = \frac{Aa + 2Bb - Ba}{A + B}$, & $y = \frac{2Aa - Ab + Bb}{A + B}$.

Supposons donc que la masse du corps $A = 2$, & que celle de $B = 1$; que $a = 8$, & que $b = 5$; puisque $x = \frac{Aa + 2Bb - Ba}{A + B}$, on aura $\frac{16 + 10 - 8}{3}$

$= \frac{18}{3} = 6$. Et comme $y = \frac{2Aa - Ab + Bb}{A+B}$, on aura $\frac{32 - 10 + 5}{3} = \frac{27}{3} = 9$.

Cette formule peut s'appliquer aux corps égaux en masse, qui se meuvent après le choc, ayant fait échange de leurs vîtesses.

En effet si $A = B$, & que $a = 8$, $b = 5$, on aura $x = \frac{10 + 8 - 8}{2} = \frac{10}{2} = 5$, & $y = \frac{16 + 5 - 5}{2} = \frac{16}{2} = 8$.

§. DCCCII. Si deux corps se meuvent avec des directions contraires, on pourra considérer la vîtesse du corps B comme négative, relativement à la vîtesse du corps A; & par conséquent on aura $x = \frac{Aa - Ba - 2Bb}{A+B}$, & $y = \frac{2Aa + Ab - Bb}{A+B}$.

Supposons que la masse de $A = 1$, & que sa vîtesse $a = 15$; que la masse de $B = 3$, & que sa vîtesse $b = 5$, on aura $x = \frac{15 - 45 - 30}{4} = \frac{-60}{4} = -15$ & $y = \frac{30 + 5 - 15}{4} = \frac{20}{4} = 5$.

Cette formule est aussi appliquable aux corps qui sont égaux en masse. Supposons, par exemple, que la masse de $A = 1$, & que celle de B soit aussi $= 1$; que $a = 15$, & $b = 5$; dans cette hypothese on aura $x = \frac{15 - 15 - 10}{2} = \frac{-10}{2} = -5$, & $y = \frac{30 + 5 - 5}{2} = \frac{30}{2} = 15$: par conséquent ces corps, après le choc, retourneront sur leurs pas, ayant fait échange de leur vîtesse.

§. DCCCIII. Si un de ces corps, par exemple B, étoit en repos avant le choc; la vîtesse de B sera $= 0$: & par-là les termes de la premiere formule, dans lesquels b se trouvoit, s'évanouissent; on aura donc $x = \frac{Aa - Ba}{A+B}$, & $y = \frac{2Aa}{A+B}$.

Supposons que le corps A ait une masse $= 2$, & que sa vîtesse $a = 9$; supposons aussi que la masse de $B = 1$, & que sa vîtesse $b = 0$, on aura $x = \frac{18 - 9}{3} = \frac{9}{3} = 3$, & $y = \frac{36}{3} = 12$.

Supposons maintenant que la masse de $A = 1$, & que sa vîtesse $a = 12$; que B ait une masse $= 3$, & que sa vîtesse $b = 0$, on aura $x = \frac{36 - 12}{4} = \frac{24}{4} = 6$, & $y = \frac{24}{4} = 6$; & conséquemment le mobile A retournera en arriere, avec 6 degrés de vîtesse, tandis que le corps B se mouvera en avant avec 6 degrés de vîtesse.

Cette formule eſt auſſi applicable aux maſses égales : en effet, ſuppoſons que la maſse de A = 1, & que ſa vîteſse ſoit = o ; on aura $x = \frac{12 - 12}{2}$ = o, & $y = \frac{24}{2} = 12$.

§. DCCCIV. Si pluſieurs corps élaſtiques, égaux en maſse, ſont contigus les uns aux autres, & qu'ils ſoient tous en repos ; ſi on ſépare un de ces corps de la ſérie qu'ils forment enſemble, & qu'en le mettant en mouvement, on lui faſse choquer celui qui le précédoit, le dernier de ces corps, celui qui eſt placé à l'extrêmité oppoſée de cette même ſérie, ſe mouvera avec la même vîteſse qu'on aura imprimée à celui qu'on aura mis en mouvement, & tous les autres reſteront en repos.

Soient donc ſix billes égales en maſses & élaſtiques A, B, C, D, E, F [*Tab.* 19. *fig.* 12.], que ces billes ſoient placées de maniere qu'elles ſe touchent les unes & les autres ; ſi on éleve la bille A, & qu'après l'avoir élevée, on la laiſse tomber contre la bille B : ſitôt que la bille A choque la bille B, ces deux billes changent de figure ; la bille B, de ronde qu'elle étoit, prend la figure ovale BLMNORQP, & la bille A prend auſſi la figure ovale AGIHKt. Mais, dans cette altération de figure, la bille A eſt toujours en contact avec la bille B ; ce changement de figure, dans ces deux globes, s'opere d'abord ſur les parties I & M, qui ſe touchent : le contact de ces deux corps augmente ſucceſſivement, à proportion que les parties qui ſe touchent cedent à l'effort qui les preſse ; & la figure ronde de ces deux corps ſe perd de plus en plus, & elle devient de plus en plus ovale, juſqu'à ce que les forces comprimantes, étant épuiſées, les deux billes ſoient devenues autant ovales qu'elles puiſsent être.

Or comme la partie poſtérieure de la bille s'applatit & prend la forme PQR, lorſque la partie antérieure & choquée s'applatit & prend la forme BLMN ; il arrive par là que la bille B s'éloigne un peu du contact de la bille C, & que, pendant le tems de cet applatiſsement, la bille C ſe trouve un peu diſtante de la bille B : la moitié de la force de la bille A, qui choque la bille B, ſe perd & ſe conſomme pour former les applatiſsemens GIH, LMN ; & par ce moyen les deux billes, unies enſemble A & B, continuent à ſe mouvoir vers la bille C avec la moitié de la force : & par conſéquent la bille A jouit d'un quart de la force totale, ainſi que la bille B ; & c'eſt avec ce quart de force, dont elles jouiſsent l'une & l'autre, qu'elles vont heurter la bille C : mais auſſi tôt la bille B, par ſon reſsort, ſe rétablit dans ſon premier état ; & en ſe reſtituant en ſens contraire, elle déploie ſon effort contre la bille A, qu'elle touche. Par cette nouvelle action, la bille B acquiert encore $\frac{1}{4}$ de force ſemblable à celui dont elle jouiſsoit : en vertu de la nouvelle force qu'elle acquiert, elle ſe meut ſelon la direction MQ. Or, dans le même tems que la bille B déploie ſon reſsort & ſe reſtitue dans ſon premier état, il ſe paſse auſſi la même choſe par rapport à la bille A : la reſtitution de cette derniere, qui ſe fait en ſens contraire, ſe déploie contre la bille B avec une force = $\frac{1}{4}$ de la force totale, ſelon la direction tI, direction ſelon laquelle la bille A continuoit à ſe mouvoir avec $\frac{1}{4}$ de la force totale qu'elle avoit reçue : d'où il ſuit que toute la force de la bille A paſse ſucceſſivement à

la bille B; savoir, $\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}=1$: & alors la bille A, privée de toute la force dont elle jouissoit, demeure en repos. Dès que la bille A & la bille B ont repris leur premiere figure, toute la force de la bille A git dans la bille B; & cette bille, munie de toute la force de A, commence à agir contre la bille C de même que la bille A avoit agi contre elle: & il se passe entre ces deux billes ce que nous venons d'observer entre les deux premieres. Il en est de même par rapport aux trois autrs D, E, F; d'où il suit que les cinq premieres billes A, B, C, D, E, demeurent en repos, & que la derniere F, munie de toute la force qu'on avoit imprimée à la bille A, se détache des autres, & se meut avec une vîtesse égale à celle avec laquelle la bille A s'étoit approchée de la bille B : & il arrive, dans cette occasion, précisément la même chose que si la bille A eût choqué immédiatement la bille F.

Si toutes ces billes n'eussent point cessé de se toucher, & que la bille A, munie d'une vîtesse = 10 degrés, eût choqué la masse entiere BCDEF, cinq fois plus grande que celle du corps choquant, on eût observé le même effet qu'on observeroit si une masse = 1, douée de 10 degrés de vîtesse, choquoit un autre corps élastique B, dont la masse seroit = 5 : dans cette hypothese le corps choquant retourneroit en arriere avec une vîtesse = $6\frac{2}{3}$, & le corps B s'avanceroit avec une vîtesse = $3\frac{1}{3}$ degrés : effet qu'on n'observe jamais dans l'hypothese précédente.

§ DCCCV. Si, au lieu de n'élever qu'une seule bille A, on en éleve deux ensemble, savoir, A & B; & qu'après les avoir abandonnées à elles-mêmes, elles viennent choquer les 4 autres billes C, D, E, F, qui sont en repos, alors les deux dernieres, E & F, se sépareront des autres, & elles se mouveront l'une & l'autre en avant, avec une vîtesse égale à celle qu'on aura imprimée aux deux premieres A & B. Pareillement si on éleve trois billes ensemble A, B, C, & qu'on les laisse tomber sur les trois autres qui sont en repos D, E, F; après le choc ces trois dernieres seront portées en avant, avec une vîtesse égale à celle avec laquelle les trois premieres A, B, C les auront choquées, & celles-ci demeureront en repos. Si on éleve les 4 premieres billes A, B, C, D, & qu'elles viennent ensuite choquer les deux autres en repos E, F; après le choc, les 4 dernieres C, D, E, F seront en mouvement, & les deux premieres A & B resteront en repos. Pareillement si on éleve cinq billes A, B, C, D, E, & qu'on les abandonne à elles-mêmes, elles choqueront la derniere F, qui sera en repos; & après le choc, les cinq dernieres B, C, D, E, F seront en mouvement, & la seule bille A demeurera en repos.

Cela arrive ainsi, parceque, lorsqu'on éleve la bille A & la bille B, & qu'on les abandonne ensemble à elles-mêmes, la bille B, qui arrive la premiere, choque la bille C; par ce choc, la figure arrondie de la bille B devient ovale, & elle s'éloigne de A : pour lors toute la force de la bille B passe à la bille C, aussi-tôt la bille A rencontre la bille B en repos, & il se passe entre ces deux billes ce que nous venons d'observer entre la bille B & la bille C. Tout le mouvement de A passe à la bille B; pendant ce tems-là la bille C agit contre la bille D, & le mouvement que la bille C avoit reçu passe à la bille D : aussi-tôt la bille B, reprenant sa premiere figure, que le choc de la bille A lui avoit fait perdre, cette bille B agit de nouveau contre la

la bille C, qui la suit; mais pendant ce tems, la bille D communique son mouvement à la bille E, de sorte qu'immédiatement après la bille C agit contre la bille D: pendant cette action la bille E transporte son mouvement à la bille F, qui se sépare de la série qu'elle formoit; aussi-tôt la bille D agit encore contre la bille E, laquelle, ne rencontrant plus la bille F, qui s'oppose à son mouvement, se sépare aussi de la série: & par ce moyen les deux billes E & F sont toutes les deux en mouvement, tandis que les 4 autres A, B, C, D demeurent en repos. On peut rendre raison des autres phénomenes que nous venons d'exposer, en suivant la même explication.

§. DCCCVI. Nous n'avons parlé jusqu'à présent que du choc direct; nous allons dire quelque chose sur le choc oblique: mais, pour saisir comme il faut ce que nous dirons sur cette matiere, il faut rappeller en sa mémoire ce que nous avons déja dit sur le mouvement composé (Chap. XI.)

§. DCCCVII. Si deux corps mous sont portés l'un contre l'autre obliquement, on peut déterminer le chemin & la vîtesse avec laquelle ils se choquent directement; de même que le chemin qu'ils devront suivre, & la vîtesse qu'ils devront avoir après le choc. Pour cela faire, il faut résoudre les directions de ces deux corps en deux autres directions, dont deux soient directement opposées l'une à l'autre, & les deux autres paralleles entr'elles. En tant que, dans cette décomposition, on trouve deux directions opposées, les deux corps se choquent directement; car ils ne se choquent nullement par leurs directions paralleles: c'est pourquoi on appliquera ici aux directions opposées tout ce que nous avons dit ci-dessus sur le choc des corps; mais il faudra ensuite avoir égard aux directions paralleles, pour déterminer les vîtesses de ces corps après le choc. Pour donner plus de clarté à nos démonstrations, nous considérerons les corps comme de simples points, & nous allons appliquer la théorie, que nous avons dessein d'établir, à un exemple propre à fixer l'imagination.

Supposons que le corps A [*Tab.* 19. *fig.* 14.] se meuve selon la direction & avec une vîtesse exprimée par A O = 100; qu'un corps B, égal en masse au premier, soit porté selon la direction & avec une vîtesse désignées par B O = 50. Pour déterminer ce qui doit arriver dans cette hypothese, que la direction A O soit décomposée en deux directions; savoir, A C = 50, & en C O = 86, 61: que BO soit aussi décomposé en B D = 46, & en D O = 19, 60. Que ces deux directions soient paralleles aux deux premieres A C, O C; en tant que les deux corps A & B sont portés selon les directions A C & B D, paralleles entr'elles, ces deux corps n'agissent point l'un contre l'autre: mais en tant qu'ils sont portés selon les directions opposées, C O & D O, ils agissent & se choquent mutuellement; & la somme des forces avec lesquelles ils agissent l'un contre l'autre, selon ces directions C O & D O = 7884. La somme des forces qu'ils perdent par l'altération de leur figure = 5618,2; parceque la vîtesse respective de ces deux corps C O, D O = 106,21, qui est précisément la même que s'ils étoient portés directement l'un contre l'autre, avec des vîtesses = 53, 10 $\frac{1}{2}$, & par conséquent qui se détruiroient totalement dans le choc: d'où il suit que, dans l'hypothese présente, où la force totale de ces mobiles = 7884, les forces subsistantes, après le choc, sont = 2265, 8; lesquelles, étant distribuées à ces

deux corps = pour chacun 1132, 9. Par conſéquent ſi ces deux mobiles A & B n'étoient animés que ſelon les deux directions C O & D O, leur vîteſſe commune après le choc, ſeroit égale 33, 66, & ils ſuivroient la ligne O K. Mais il n'en doit pas arriver ainſi : le mobile A, outre l'impulſion qui le porte ſelon O K, conſerve encore ſa direction ſelon A C = 50 = O H : il doit donc ſe mouvoir ſelon la diagonale O G = 60.27 du parallélogramme O K G H ; & le mobile B, qui conſerve auſſi ſon mouvement ſelon la direction B D = O E, doit parcourir la diagonale O F = 57 du parallélogramme O K F E. Il faut remarquer, outre ce que nous venons de dire, qu'il y a bien des cas dans leſquels il arrive que des corps qui ſe meuvent obliquement, ne peuvent point ſe rencontrer ; par conſéquent, dans tous ces cas, il n'y a point de percuſſion entr'eux.

Mais ſi les corps mous, égaux en maſſe, dont nous venons de parler, ne ſont point conſidérés comme de ſimples points, mais tels qu'ils ſont phyſiquement ; c'eſt à dire, comme des corps d'une certaine grandeur : voici la maniere de déterminer le chemin qu'ils ſuivront après le choc. Suppoſons que le corps D ou A [*Tab.* 20. *fig.* 1. & 2.] ſoit porté ſelon la ligne D A, & que le corps L ou B ſoit mû ſelon la ligne L B : on décompoſera, comme précédemment le mouvement de ces deux corps ; ſavoir, le mouvement ſelon D A ſera décompoſé en D C & C A, & le mouvement L B en L M, parallele à D C & en M B, oppoſé à C A. Que les deux corps dont nous venons de parler ſe rencontrent & ſe choquent en A & B, les vîteſſes avec leſquelles ils ſe rencontrent & ſe choquent, ſont C A & M B : les forces avec leſquelles ils agiſſent l'un contre l'autre, ſont comme les quarrés des vîteſſes qui les animent ; leur vîteſſe reſpective, exprimée par R V, eſt égale à la ſomme des deux vîteſſes partielles : & la moitié de cette ſomme R V, ſavoir R S, eſt la vîteſſe commune qui ſubſiſte après le choc, en ſuppoſant qu'un de ces deux corps ſe meuve contre l'autre, qui eſt en repos : c'eſt pourquoi les deux quarrés formés ſur les deux parties, qui ſont chacunes égales à la moitié de la vîteſſe reſpective ; ſavoir, $RS + SW = \overline{RW}^q$, indiquent les forces qui ſe perdent dans l'altération de la figure des corps qui ſe choquent. Si on ſouſtrait les deux quarrés dont nous venons de parler, ou leur égal $\overline{RW}^q$ [*Tab.* 20. *fig* 3.] de la ſomme des quarrés qui déſignent les forces avec leſquelles ces deux corps ont agi l'un contre l'autre ; ſavoir, $\overline{CA}^q + \overline{MB}^q = \overline{OP}^q + \overline{PQ}^q = \overline{OQ}^q$; c'eſt à dire, ſi on ſouſtrait $\overline{ZY}^q = \overline{RW}^q$ de $\overline{XZ}^q = \overline{OQ}^q$; le reſte $\overline{YF}^q$ exprimera les forces ſubſiſtantes, qui doivent être diviſées en deux parties égales : ou ſi on conſtruit ſur Y F, comme hypothénuſe, un triangle rectangle, & qu'on retire la racine quarrée de chaque quarré, cette racine, qui ſera les deux côtés du triangle rectangle, exprimera la vîteſse commune ſelon la direction C A.

Mais le mobile A, outre ſon mouvement ſuivant C A, eſt encore mû ſelon la direction D C = A π, qui n'eſt nullement altérée par le choc, & le mobile B conſerve auſſi tout ſon mouvement ſelon la direction L M = H I par conſéquent ſi ces deux corps mous peuvent ſe détacher l'un de l'autre après le choc, & qu'ils ne ſoient point retenus entr'eux par leur *gluten*, le

mobile A décrira la diagonale A N, & le corps B ſuivra la diagonale BI des parallélogrammes M π & H G.

§. DCCCVIII. Si un corps élaſtique A [*Tab.* 19. *fig.* 15.], conſidéré comme un point, eſt porté obliquement, en ſuivant la direction AB, contre un obſtacle élaſtique & immobile CBD, & qu'on veuille déterminer ſa réflexion après qu'il aura choqué l'obſtacle en B; il faudra décompoſer le mouvement A B du mobile A en deux directions; ſavoir, en A E, parallele à l'obſtacle CBD, & en EB, perpendiculaire au même obſtacle. Le choc du corps A contre l'obſtacle au point B, ne ſe fait qu'en vertu de la direction perpendiculaire E B; car il n'agit nullement contre l'obſtacle en vertu de ſon mouvement parallele A E : or comme on ſuppoſe ici que l'obſtacle eſt élaſtique, le corps choquant ſe réfléchir avec la même vîteſſe avec laquelle il étoit tombé ſur l'obſtacle, & retourne par le même chemin qu'il avoit ſuivi pour le choquer, & par conſéquent par B E; mais comme ſon mouvement parallele à l'obſtacle n'a ſouffert aucune altération, il continue en même tems à ſe mouvoir ſelon la direction EF = AE: par conſéquent, au lieu de ſuivre la ligne B E, il parcourt la diagonale BF du parallélogramme EFDB. Mais ſi, au lieu de conſidérer le corps A comme un point mathématique, on le conſidere comme un corps phyſique, & d'une certaine étendue, & qu'il ſoit porté contre l'obſtacle CBD, en ſuivant, comme nous venons de le dire, la direction AB; en conduiſant par le centre de ce mobile la droite AB, le centre du mobile ſera éloigné de l'obſtacle C B D de la valeur du rayon du mobile A, & il retournera en arriere en ſuivant le même chemin que nous venons d'indiquer.

§. DCCCIX. L'angle A BE eſt appellé angle d'*incidence*, l'angle EBF eſt nommé angle de *réflexion*; & ces deux angles ſont égaux, parceque, dans les deux triangles AEB & EBF, les côtés AE & EB ſont égaux aux côtés FE & EB, & que l'angle droit AEB = FEB; par conſéquent les deux triangles ſont égaux, & l'angle ABE = EBF.

§. DCCCX. Le choc oblique de deux corps élaſtiques, conſidérés comme deux points, ainſi que le chemin qu'ils doivent ſuivre, & la vîteſſe qu'ils doivent avoir après le choc, ſe déterminent de la même maniere que nous l'avons indiquée, en parlant des corps mous (§. 807); avec cette différence qu'il faut avoir attention à l'élaſticité de ces corps.

Suppoſons que le corps P [*Tab.* 19. *fig.* 16.] ſe meuve avec une vîteſse & en ſuivant une direction exprimées par P A; que le corps Q ſe meuve ſelon la direction, & avec une vîteſse exprimées par Q A: ſi on décompoſe le mouvement P A en deux mouvemens ſimples PB & B A, & qu'on décompoſe pareillement le mouvement QA en CA, oppoſé à BA, & en QC, parallele à PB; le choc entre ces deux corps ſe fera en tant qu'ils ſeront portés ſelon les directions contraires BA & CA: & par conſéquent, après le choc, ils retourneront en arriere, après avoir fait échange de leurs viteſses; c'eſt-à dire, le mobile P s'en retournera avec une vîteſse déſignée par A D, & Q s'en retournera en arriere avec une vîteſse exprimée par AF: mais comme P conſerve ſon mouvement ſelon la direction DE = PB, il parcourra la diagonale AE; tandis que Q, conſervant auſſi ſon mouve-

ment selon la direction F G = Q C, décrira la diagonale A G du parallélogramme A F G I.

§. DCCCXI. Jusqu'à présent nous n'avons considéré les corps qui se choquent que comme des points mathématiques, & cela pour donner plus de clarté à nos démonstrations; mais il n'en est pas ainsi: & par conséquent il nous reste maintenant à les considérer comme des corps d'une certaine grandeur, telles que sont les billes A, B [*Tab.* 20. *fig.* 5.], qui se meuvent en même-tems selon les directions A C, B C. Supposons donc que la vîtesse de la bille A soit à celle de la bille B : : A C : B D, & déterminons dans quel endroit la bille A rencontrera la bille B.

Pour le déterminer, soit conduite du centre de la bille A à celui de la bille B la ligne A B; & sur les deux lignes A C, A B, soit construit le parallélogramme A B H C. Du point D soit tirée la ligne D H; & du point C, comme centre, & d'une ouverture de compas C L, égale à la somme des demi-diametres de ces billes A & B, soit décrit l'arc L l : du point L, qui coupe la ligne D H, soit menée L N, parallele à A C, & N R, parallele à C L; les deux billes A & B se rencontreront ensemble en R & en N, & se toucheront dans la ligne R N. En effet, à cause des triangles semblables D N L, D B H, on aura D N : N L : : D B : B H; & par conséquent D N : C R : : D B : A C, & D B : D N : : A C : C R. D'où il suit que D B — D N : D B : : A C — C R : A C; c'est-à-dire, B N : A R : : D B : A C. Ainsi comme les espaces parcourus par les billes A & B sont entr'eux comme leurs vîtesses, ces deux billes doivent se rencontrer dans la ligne R N.

§. DCCCXII. Si les deux billes A & B [*Tab.* 20. *fig.* 6.] étoient égales en masse, on pourroit aussi déterminer le chemin qu'elles suivroient, & la vîtesse qu'elles auroient après le choc. Pour cela soit décomposé le mouvement selon A R en R Q, en prolongeant la ligne N R, & en A Q, perpendiculaire sur R Q. Soit pareillement décomposé le mouvement B N en B M, parallele à A Q, & en N M, qui est aussi un prolongement de la ligne R N. Le choc entre les deux billes A & B se fera en tant que ces billes se meuvent selon les directions Q R & M N; comme elles sont toutes les deux élastiques, elles retourneront en arriere après le choc, ayant fait échange de leurs vîtesses; par conséquent la bille B s'en retournera avec une vîtesse = Q R, & en même-tems avec celle qu'elle avoit conservée selon B M; tandis que la bille A retournera en arriere, avec une vîtesse = M N, & en même tems avec celle qu'elle avoit conservée selon A Q. Si vous prenez N O = Q R, & O P = B M, & que vous tiriez ensuite la ligne N P, la bille B parviendra au point P en parcourant la ligne N P. Pareillement si vous prenez R S = N M, & S I = A Q, & que vous tiriez ensuite la ligne R I, la bille A parviendra au point I, après avoir parcouru la ligne R I.

§. DCCCXIII. Mais si les billes A & B [*Tab.* 20. *fig.* 5.] sont inégales en masse, il faudra avoir égard à leur choc, en tant qu'elles agiront l'une contre l'autre selon les directions Q R & M N : il faudra ensuite ajoûter aux vîtesses qu'elles acquerront par leur choc, les mouvemens paralleles qu'elles conserveront; & ayant construit sur ces deux mouvemens des parallélogrammes, on en tirera les diagonales, qui exprimeront les directions & les

mouvemens des billes A & B. Ainſi, en prenant les billes dont il a été fait mention dans la figure 5. Suppoſons que la maſse de la bille A = 8, & que la vîteſse Q R = 2, que la maſse de la bille B = 1, & que la vîteſse M N = 1. Après le choc la vîteſse de la bille A ſera = $1\frac{1}{3}$, & celle de B = $4\frac{1}{3}$ de la percuſſion directe, & ſelon la direction Q R : c'eſt pourquoi, ſi, ſur le point R, on forme un parallélogramme dont un côté ſoit égal à A Q, & l'autre à $1\frac{1}{3}$ M N, on trouvera le mobile A dans ſa diagonale ; & ſi N M eſt porté en arriere d'une quantité = $4\frac{1}{3}$ M N : & que de cette quantité, ainſi que de celle qui eſt exprimée par B M, on forme un parallélogramme, on trouvera, après le choc, le corps B dans ſa diagonale.

§. DCCCXIV. On peut, d'après ces principes, établir les regles du jeu de Billard, dont nous allons donner une légere idée. Soit la table d'un billard VXYZ, [*T.*20.*F.*7.] & deux billes égales, dont les centres ſoient en A & en C : ſuppoſons qu'on ait deſſein de conduire la bille A dans la blouſe V ; pour cela, ſoit tirée de la blouſe V, par le centre de la bille A, la droite V A B L, & ſoit conduite au point B la tangente D B G : ſi on prend ſur la ligne V L, B E, égale au rayon de la bille C, & qu'on pouſſe cette derniere bille ſelon la ligne C E ; lorſque ſon centre ſera parvenu au point E, elle choquera la bille A au point B, & elle la pouſſera, ſelon la ligne B V, dans la blouſe V. En effet le mouvement C E de la bille C ſe décompoſe en deux mouvemens ; ſavoir, en C L, perpendiculaire à V L, ou parallele à la tangente G D, & en L E, qui paſſe par les centres E, A des billes, en B & en A : ce même mouvement paſſe encore par la blouſe V. En tant que la bille C ſe meut ſelon la direction C L, elle ne produit aucune action contre la bille A ; mais en tant qu'elle ſe meut ſelon la direction L E B, elle pouſſe directement cette bille dans la blouſe V, & c'eſt de cette maniere qu'il faut toujours conſidérer le choc direct. Cela poſé, ſi du point E, comme centre, & d'un rayon E C, on décrit un demi-cercle, dont le diametre K H eſt perpendiculaire à la ligne V A L ; la bille C, pouſſée vers le point E de tout point quelconque de la demi-périphérie, excepté des deux extrêmités K & H du diametre, choquera la bille A au point B, & la pouſſera dans la blouſe V. Mais ſi la bille C ne peut choquer le point B, elle ne parviendra jamais à pouſſer la bille A dans la blouſe V. Si la bille C eſt placée ſur un point quelconque au delà du point H, par exemple en G ou en R, quoiqu'on la dirige au point E, elle ne choquera pas pour cela le point B, mais un autre point inférieur au point B, & par ce moyen la bille A ſera pouſſée par la bille C dans un autre endroit différent de la blouſe V, & qu'on peut déterminer. Pareillement la bille M, étant déterminée au point I, choquera la bille A au point S, & la pouſſera dans la blouſe X : de-là, ſi on mene la ligne P I R, parallele à la tangente S H, & qu'on décrive le demi-cercle P M R, une bille pouſſée de tout point quelconque de cette demi-circonférence, & déterminée vers le point I, choquera la bille A, & la portera dans la blouſe X ; & par conſéquent ſi la bille M eſt placée dans un point quelconque entre le point H & le point N, elle ne pourra point pouſſer la bille A dans la blouſe V ou X.

§. DCCCXV. Soit la bille A [*Tab.* 20. *fig.* 8.] qu'on veuille choquer d'une ſeule *bricole* par la bille C, placées l'une & l'autre ſur le billard

V X Z Y : pour déterminer la maniere de s'y prendre, soient conduites quatre lignes paralleles aux bandes du billard, de façon que ces lignes soient éloignées des bandes d'une quantité égale à un des rayons de la bille A ou C, qu'on suppose de même diametre; ces lignes droites sont représentées dans la figure par les lignes G F, F K, K H, H G. Quand la bille frappe une des bandes du billard, son centre répond toujours à un des points d'une des quatre lignes dont nous venons de parler, & il faut prendre le centre de cette bille pour la bille elle-même, puisque ce centre est son centre de gravité.

Supposons donc qu'on veuille que la bille C frappe la bille A par une *bricole*; comme il y a 4 bandes au billard, il se présente 4 cas à examiner : car on peut pousser la bille C contre les unes ou les autres de ces 4 bandes. Supposons 1°. qu'on pousse la bille C contre la bande V X; cela posé, du centre A de la bille A conduisez sur G F la perpendiculaire A D, que vous prolongerez jusqu'en B, de façon que D B = A D : du point B au centre C de la bille C, menez la droite B E C, qui coupera la ligne G F au point E; tirez ensuite la droite A E : alors la bille C, étant poussée selon la direction C E, lorsqu'elle aura choqué la bande du billard, se réfléchira selon la ligne E A, & elle frappera la bille A; car lorsque la bille C est parvenue au point E, elle touche alors la bande du billard, & on a les deux triangles A D E, B D E, qui sont égaux : & par conséquent l'angle D E A = D E B, lequel est = F E C; par conséquent ce dernier F E C = D E A : d'où il suit que la bille C, dirigée selon la ligne C E, se réfléchira par la ligne E A, & frappera la bille A.

2°. La construction est la même lorsqu'il s'agit de déterminer la direction de la bille C, poussée contre toute autre bande quelconque, pour qu'elle puisse frapper la bille A. Par exemple, si la bille C est poussée contre la bande V Y; du centre A de la bille A conduisez A S, perperdiculaire sur G H : prenez ensuite S Q = A S; du point Q au centre C de la bille C, conduisez la ligne Q C, qui passe par le point R de la ligne G H : enfin du point A au point R menez la droite A R, la bille C, étant dirigée au point R, frappera la bande du billard, & se réfléchira selon la droite R A, si tant est qu'elle ne choque pas en passant le côté de la bille A; car, dans cette hypothese, le cas deviendroit impossible : or supposons que cet inconvénient n'arrive pas, vous aurez alors deux triangles égaux A S R, Q S R; & par conséquent l'angle A R S = Q R S = H R C.

3°. Si on dirige la bille C selon la droite C P, elle se réfléchira selon la droite P A.

4°. Si on la pousse selon la direction C L, elle se réfléchira, & suivra la droite L A.

§. DCCCXVI. Supposons maintenant que la bille C [*Tab.* 20. *fig.* 9.] ne doive frapper la bille A que par deux *bricoles*; c'est-à-dire, qu'après une seconde réflexion. Pour déterminer de quelle maniere on parviendra à produire cet effet sur le billard V X Z Y, représenté par la figure 9, tirez 4 lignes paralleles à ses bandes, & qui en soient éloignées, ainsi que nous l'avons dit précédemment, d'une quantité égale au rayon d'une des deux billes, afin

que le centre de la bille qui frappera les bandes de ce billard, réponde à un des points des lignes paralleles.

Dans cette nouvelle hypothese, il se présente aussi 4 cas à résoudre, en tant que la bille C peut être poussée indifféremment vers une des 4 bandes du billard : dans cette même hypothese, on trouve des cas possibles & des cas impossibles dont nous allons parler.

1°. Du centre de la bille A soit tirée A D, perpendiculaire à G F; soit ensuite prolongée la ligne A D jusqu'en B, de façon que D B = A D : du centre de la bille C soit tirée sur la ligne F K la perpendiculaire C L, prolongée jusqu'en M, de façon que L M = C L : joignez ensuite les deux points M & B par la ligne B M, qui coupera les deux droites G F & F K aux points E & I : soient tirées ensuite les droites A E & C I. Cela posé, si on pousse la bille C selon la direction C I, elle se réfléchira du point I au point E, & du point E au point A; car, par la construction, on a les deux triangles I C L, I M L, qui sont égaux : & par conséquent l'angle C I L = M I L = F I E; donc la bille C, parvenue au point I, frappera la bande, & sera repoussée au point E. Pareillement on a encore deux triangles égaux; savoir, A D E, B D E; par conséquent l'angle A E D = B E D, lequel est égal à l'angle F E I : d'où il suit que la bille C, parcourant la droite I E, sera repoussée au point E, sous un même angle, & qu'elle frappera le point A.

2° Du centre de la bille C, soit tirée C n, perpendiculaire sur K H; soit prolongée C n jusqu'en P, de façon que P n = C n : du centre A de la bille A soit menée sur G H la perpendiculaire A e, prolongée jusqu'en R, de sorte que R e = A e. Du point P au point R soit tirée la ligne P R, qui coupe la droite G H en d, & la droite H K en a : soient enfin tirées les droites A d, C a : en vertu des triangles égaux a n C, a n P, on aura l'angle C a n = P a n = d a H. Pareillement en vertu des triangles égaux A e d, R e d, on aura l'angle A d e = R e d = H d a : d'où il suit que la bille C, poussée selon la droite C a, sera repoussée du point a au point d, & du point d au point A.

3°. Du centre C de la bille C, soit tirée sur G H la perpendiculaire C O, laquelle doit être prolongée jusqu'en T, de façon que T O = C O : pareillement du centre A de la bille A soit tirée la perpendiculaire A Q sur H K; cette perpendiculaire étant prolongée jusqu'en W, de façon que W Q = A Q : soient unis ensemble les deux points T & W par la droite T W; mais comme cette ligne est au-delà des bandes du billard, le cas devient impossible.

4°. Soit tirée sur G F la perpendiculaire c f, prolongée jusqu'en m; soit aussi tirée la perpendiculaire A e, de façon qu'étant prolongée jusqu'en R, on ait R e = A e. Soient unis entr'eux les deux points m R : or comme la ligne qui uniroit ces points, tombe au-delà du point G, ou concourent les droites F G, H G, sur lesquelles sont placées les centres des billes, le cas devient encore impossible.

D'où il suit que dans l'hypothese que nous venons de faire, qui comprend 4 cas, il y en a deux qui sont possibles, & deux qui sont impossibles.

§. DCCCXVII. Soit la bille A [*Tab.* 20. *fig.* 10.] qu'on veuille pousser

dans la blouse Y, en la frappant, par une simple *bricole*, avec la bille C. Pour produire cet effet, de la blouse donnée Y soit conduite par le centre A de la bille A la droite Y A, prolongée un peu au-delà de ce centre : soit menée au point n de cette bille la tangente m n p, & soit pris n O = n A. Du point O, comme centre, & d'un rayon O n soit décrit un cercle égal à un des plus grands cercles de la bille A, ou C : du point O soit tirée sur G F la perpendiculaire O D, laquelle, étant prolongée jusqu'en B, donne D B = O B; de ce point B soit conduite par le centre C de la bille C la droite B C, qui passe par le point E de la droite G F ; enfin soit tirée la ligne O E : cela posé, si on pousse la bille C selon la direction C E ; cette bille, étant parvenue au point E, frappera la bande du billard, & sera réfléchie selon la ligne E O, & frappera la bille A, qu'elle fera mouvoir selon la droite O n A Y. En effet, si on prolonge E O jusqu'au point S de la tangente m n p, le mouvement, selon la ligne O S, se décomposera en O n & n s, & ce dernier mouvement n'agira aucunement contre la bille A, tandis que le seul mouvement O n poussera directement cette bille en Y.

Si la bille A étoit placée assez près de la bande, pour que la bille C, se réfléchissant, après avoir frappé la bande, ne pût choquer la bille A au point n, le cas deviendroit impossible.

Soit prolongé Y A O jusqu'en r, pris dans la ligne G F ; & soit conduite sur cette derniere ligne la perpendiculaire r t : si la bille C est placée sur le billard au-delà de t r, dans quelque point quelconque, compris dans l'espace t K F E, de façon cependant qu'elle soit suffisamment éloignée de la bande, pour qu'elle puisse être poussée contre la bande F r, tous les cas seront possibles : mais si cette bille C est placée sur la ligne r t, ou sur tout autre point quelconque, pris dans l'espace t H G r, tous les cas seront impossibles; parcequ'elle ne pourra pas alors frapper le point n selon la direction r n.

On peut aussi quelquefois porter la bille A [*Tab.* 21. *fig.* 1.] dans la blouse Y, par une double *bricole*; pour cela tirez de la blouse Y, par le centre de la bille A, la ligne Y A r, sur laquelle vous conduirez la perpendiculaire m n p : prenez n N = n A, & du point N, comme centre, décrivez un cercle égal à un des grands cercles de la bille A ; du point N élevez la perpendiculaire N D sur G F, & faites D B = D N. Pareillement faites C L = L M ; conduisez ensuite B M, après cela C I & E N : pour lors si la bille C est poussée selon la direction C I, elle se réfléchira selon la ligne I E, & parvenue en E, elle sera reportée selon la droite E N S, & elle frappera la bille A au point n, & comme cette bille C se meut selon la direction N S, son mouvement se décomposera en N n, & en n S. Selon cette derniere direction, la bille C ne produit aucun effet contre la bille A ; mais seulement en vertu de son mouvement selon N n : par conséquent la bille A sera portée dans la blouse Y.

Les cas ne sont possibles, dans cette hypothese, que lorsque la bille C est placée de maniere, qu'étant portée contre la bande F K, elle frappe sur un des points de cette bande, qui est éloigné de F de plus du demi-diametre de la bille C ; les autres cas sont impossibles.

§. DCCCXVIII. En connoissant les loix du choc des corps qui se meuvent

meuvent librement les uns contre les autres, on peut connoître aisément les effets que doivent produire les corps A & B [*Tab.* 21. *fig.* 2.], lancés contre le levier HL, qui peut se mouvoir autour de son point d'appui en H.

Supposons donc que la masse du corps A = 1, que la vîtesse avec laquelle il vient frapper le levier = 4; & que le point E, qui est le point contre lequel le corps A porte son action, soit éloigné du centre du mouvement H d'une quantité = 3. Supposons aussi que la masse du corps B = 6, que sa vîtesse = 2, & que la distance au point d'appui H, selon laquelle il agit contre le levier, = 2. Dans cette hypothese, les forces du corps A, qui se meut librement, sont = 4 × 4 × 1. Mais comme ce corps agit à une distance du point d'appui = 3, les forces du corps A sont = 4 × 4 × 1 × 3 = 48; les forces du corps B, qui se meut librement, sont = 2 × 2 × 6: mais en tant qu'il agit à une distance du point d'appui = 2, la somme de ses forces est = 2 × 2 × 6 × 2 = 48.

Par conséquent si les corps A & B agissent en même tems contre ce levier avec des directions contraires, le levier demeurera en repos; parceque les forces avec lesquelles ces deux corps agissent, sont égales de part & d'autre: cet effet ne peut avoir lieu que dans la supposition que nous venons de faire, dans laquelle nous avons considéré le levier comme dépourvu de pesanteur: mais comme un levier est matériel, & par conséquent pesant, il faut changer quelque chose à cette démonstration. Ainsi supposons que le centre de gravité soit en G; on aura alors la puissance B est au poids G, pour le cas d'équilibre, comme HG : HB; & la puissance A est au poids G, comme HG : HA; par conséquent B : A :: HE : HF. Cela posé, si on divise le poids du levier en deux parties, qui soient entr'elles comme HE : HF, & qu'alors on ajoûte aux forces du corps A une résistance qui soit égale au poids désigné par HF, & qu'on ajoûte au poids B une résistance égale au poids désigné par HE; alors les forces du corp A & du corps B, qui agiront en sens contraire contre le levier, seront en équilibre entr'elles.

§. DCCCXIX. Le célebre *s'Gravesande* a imaginé & décrit une machine propre à faire les expériences qui concernent le choc des corps; mais comme j'ai remarqué quelques défauts dans cette machine, j'y ai changé quelques choses, & je l'ai perfectionnée; de sorte qu'à l'aide de celle que j'ai fait construire, on peut faire très aisément, & sans aucun embarras, toutes les expériences qui concernent le choc des corps mous & élastiques. Je n'ai point décrit ici tout l'appareil de cette machine, dont on trouvera une description dans l'Ouvrage de *s'Gravesande*: la figure que j'ai fait graver [*Tab.* 21. *fig.* 3. 4.], laisse assez voir sur-le-champ la construction de cette machine, qui est attachée solidement sur une table, par le moyen de plusieurs vis.

Outre cela les fils qui servent à suspendre les corps, passent au haut de la machine sur de petites poulies A, A, A, A, &c, afin que ces fils & les corps qui y sont suspendus, puissent se mouvoir plus librement que dans la machine de *s'Gravesande*, dans laquelle ils étoient suspendus à des crochets, ou à de petites lames, & étoient par conséquent exposés à des frottemens qui nuisent à la perfection des expériences.

CHAPITRE XVIII.

De l'Electricité.

§. DCCCXX. L'ELECTRICITÉ eſt une propriété que les corps frottés, forgés, expoſés à l'action du ſoleil (1), à celle du feu (2), ou échauffés par du ſable chaud, acquerent; en vertu de laquelle ils attirent à eux d'autres corps, placés à une certaine diſtance, & ils les repouſſent après les avoir attirés, & jettent ſouvent une lumiere aſſez ſenſible. En effet des tubes de verre, échauffés par l'ardeur du ſoleil, ou par l'action du feu, acquerent la vertu électrique; de la poix récemment fondue, du ſoufre coulé depuis peu dans un vaſe, de la colophone nouvellement faite, ſont électriques, lorſqu'on les échauffe: la *tourmaline* donne auſſi des ſignes très ſenſibles d'électricité en pareil cas. Outre ces corps il y en a d'autres qui, ſans être frottés ou échauffés, ſont électriques: certains poiſſons ſont électriques au milieu des eaux tant qu'ils vivent.

§. DCCCXXI. Comme cette propriété fut d'abord découverte dans l'ambre ou dans le ſuccin, les Philoſophes modernes ſe ſont ſervis du terme d'*électricité* pour déſigner cette propriété, & ils ont fait dériver de ce nom quantité d'autres mots dont ils font uſage, pour déſigner pluſieurs opérations qui ont rapport à cette matiere. De là ſont venues les expreſſions ſuivantes, *électriſer des corps*, ou leur communiquer la vertu électrique, *idioélectrique*, *anélectrique*, *ſymperielectrique*, &c; c'eſt-à-dire, des corps électriques par eux-mêmes, des corps qui ne ſont point électriques, enfin des corps qui deviennent électriques lorſqu'on leur a communiqué cette vertu.

§. DCCCXXII. Pluſieurs Anciens ont parlé de la vertu électrique du ſuccin (3); ils ont fait mention de pluſieurs pierres, dans leſquelles on découvroit la même propriété: telle étoit une pierre de Chypre, qui étoit à moitié *émeraude*, & à moitié *jaſpe*; telle étoit une eſpece de pierre précieuſe, de couleur d'ambre qu'on tire du *lynx* (4); l'*eſcarboucle* (5), la pierre nommée *ſagdogemma*, ou *Sagna*, qui eſt une pierre de la couleur du porreau, qui attire le bois, de même que l'aimant attire le fer (6), le *jayet* (7), les *belemnites* (8).

(1) Boyle, de Atmoſph. corpor. conſiſt.

(2) Tentam. Flor. pag. 87. Hauksbée, Phyſ. Méch. exp. §. 8. Lettre du Duc de Noya Caraffa, ſur la Tourmaline.

(3) Plato in Timæo. p. 547. Theophraſtus de Lapidibus p. 395. Plin. Hiſt. Nat. Lib. 37. cap. 3. Solinus, cap. 2. Strabo, Lib. 15. Dioſcoride, Lib. 2. cap. 100. Diogenes Laertius in vita Thaletis, p. 16. Lib. 1. §. 24. Plutarchus in Quæſt. Plat. Tom. 2. p. 1005.

(4) Theophraſtus, de Lapidibus, p. 395.

(5) Plinius, Lib. 37. cap. 7. Solinus, cap. 52.

(6) Tzetza. Chiliad. 6. Hiſt. 68. & v. 651.

(7) Orpheus, de Lapid. v. 7. Tom. 1. pag. 529. in Priſcian. interpret. ad Dioniſ. Alex. v. 581 Marbodæus, de Gemmis, cap. 29 Albertus Magnus, Lib. 2. Tr. 2. cap. 7. de Mineralibus.

(8) Mercatus Metalloth. Vatic. p. 280.

Mais depuis le dernier fiecle, quantité d'habiles Phyficiens fe font appliqués, avec un foin particulier, à la recherche de tous les corps qui font doués de cette propriété, & de ceux dans qui elle ne fe manifefte pas. Ceux qui fe font fur-tout diftingués en cela, font *Gaffendi* (1), *Gilbert* (2), les *Académiciens de Florence* (3), *du Fay* (4), le Duc *de Noya Caraffa* (5).

Je ne compte point ici parmi les grands hommes ceux qui, par des expériences fuivies & réitérées avec foin, font parvenus à faire des découvertes curieufes fur les propriétés de l'électricité; mais feulement ceux qui ont cherché à découvrir cette vertu dans les corps qui en font doués.

§. DCCCXXIII. Les corps qui ont la propriété d'attirer à eux d'autres corps, fe nomment *électriques* par eux mêmes, ou *idioélectriques*, en Italien *electrici per origine.*

§. DCCCXXIV. L'expérience a découvert un grand nombre de corps qui font électriques par eux-mêmes, lorfqu'on les frotte: telles font prefque toutes les pierres précieufes que nous connoiffons, foit qu'elles foient tranfparentes, demi-tranfparentes, ou opaques; comme les diamans, les faphirs, l'efcarboucle, l'opale, l'amétifte, &c. Telles font auffi plufieurs pierres, comme le plâtre, les belemnites, les criftaux: telles font les réfines terreftres dures, foit qu'elles foient pures, foit qu'elles foient mêlées avec des terres; comme le bitume de Judée, le foufre, l'arfenic rouge: tels font les fels, comme l'alun, le fel gemme: tels font les verres de toute efpece, colorés, ou non colorés: tels font encore les verres chargés de métaux, comme le verre d'antimoine, les porcelaines.

On doit encore ranger dans cette claffe les végétaux defféchés, tels que tous les bois qu'on a examinés jufqu'à préfent: les cordes de chanvre, les fils de lin, le coton, le papier. Les feuilles des arbres, foit qu'elles foient vertes, foit qu'elles foient mortes: on ne doit point en excepter non plus les réfines dures que fourniffent les végétaux; tels que l'encens, le maftic, la réfine du bois de gayac, la gomme élemi lorfqu'elle eft ancienne, la poix & le fucre criftallifé.

Il faut encore comprendre parmi les corps *idioélectriques*, quantité de parties animales, comme les plumes, les poils, les cornes, les os, l'ivoire, la baleine, le parchemin, les poiffons à coquille, la foie, les cordes de boyaux, la gomme laque, la cire, & tout corps quelconque dur, lorfqu'il eft enduit de cire: il faut enfin regarder encore comme *idioélectriques* tous les corps des animaux vivans, qui font couverts de poils, ou de plumes, tels que les chats, les chiens, les lapins, les poules, &c. On trouve encore outre cela quantité de corps électriques, formés du mêlange & de la combinaifon de ceux dont nous venons de parler.

§. DCCCXXV. On appelle corps *non électriques*, ou *anélectriques*, ceux qui, étant frottés, battus, forgés, échauffés, ne donnent aucun figne d'électricité; tels font plufieurs animaux fans poils, ou fans plumes: les métaux, ou les demi-métaux, l'albâtre, la pierre de Lydie, le caillou, & les

(1) Phyf. Sect. 1. Lib. 2. (2) Tract. de Magnet. Lib. 2. cap. 2. (3) Tentam. Academ. del cimento, Part. 2. p. 81. (4) Hift. de l'Acad. Roy. ann. 1733, 34, 37. (5) Lettre fur la Tourmaline.

autres pierres que le Duc *de Noya* a examinées & éprouvées; ſavoir le grenat, le jade, la pierre connue ſous le nom de *lapis lazuli*, le jaſpe verd, le jaſpe rouge d'Egypte, les marcaſſites, la turquoiſe, les coraux, &c : telles ſont encore les gommes coulantes; comme l'aloës, l'opium, le galbanum, le ſagapenum, la gomme ammoniac, l'aſſa fœtida, le camphre, &c. Il faut ranger auſſi dans la même claſſe tous les corps qui ſe ramolliſſent ou qui ſe fondent lorſqu'ils ſont expoſés à l'action du feu, comme la *glace*. Il faut auſſi y joindre toutes les ſubſtances humides, de quelqu'eſpece qu'elles ſoient : enfin tous les liquides, qu'on ne peut frotter comme il conviendroit. *Cabeus* (1) & *Thom. Brown* (2) ont rangé, parmi les corps non électriques, ceux dans qui ils n'ont pas pu découvrir cette propriété ; mais, dans la liſte qu'ils nous ont laiſſée de ces corps, il s'en eſt trouvé pluſieurs qui ont donné des ſignes non-équivoques de cette propriété : ſoit que ceux qui les ont examinés après eux aient tenté leurs épreuves dans un tems plus favorable, ou qu'ils s'y ſoient pris d'une façon plus convenable; ſavoir, en faiſant bien ſécher ces corps, ou en les expoſant aux rayons du ſoleil, ou à l'ardeur du feu ordinaire, ou en les frottant avec des mains plus ſeches, ou plus accoutumées à faire de telles expériences : enfin ſoit par rapport à quelques circonſtances particulieres, qui réuſſiſſent mieux dans un tems, moins bien dans un autre; ou même qui, dans de certains tems, ne permettent point, ou ne permettent que très peu à l'électricité de ſe manifeſter.

§. DCCCXXVI. On trouve pluſieurs pierres tranſparentes, qui deviennent électriques par le frottement; mais qui ne le deviennent nullement lorſqu'on les expoſe ſeulement aux rayons du ſoleil, ou à la chaleur du feu : tels ſont le diamant blanc, le diamant jaune, l'émeraude, celle du Breſil, l'améthiſte, l'aigle marine, la topaze Orientale, celle du Breſil, le ſaphir bleu, le ſaphir blanc, le caillou de Bohême, l'hyacinthe, l'opale, &c : découverte qu'on doit à M. le Duc *de Noya*.

§. DCCCXXVII. La *tourmaline* eſt une pierre qui devient électrique, ſoit qu'on la chauffe ſeulement, ſoit qu'on la frotte, ſoit enfin qu'on la chauffe & qu'on la frotte en même tems. Cette pierre eſt peut-être la même que celle dont *Pline* fait mention (3); à moins qu'il n'y ait pluſieurs pierres rouges qui partagent avec celle-là la même vertu : ce qui ne paroît pas hors de vraiſemblance. Cet Auteur, en parlant des différentes eſpeces d'eſcarboucles, dit : *Et je trouve encore bien d'autres différences*; il y en a qui jettent des feux couleur de pourpre, d'autres qui en jettent couleur d'écarlate, & qui, étant échauffées par les rayons du ſoleil, ou frottées avec les doigts, attirent à elles des pailles, des morceaux de papier, & toutes ſortes de corps légers. *Solin* nous apprend la même choſe Cap. 52. pag. 82. ; il dit qu'il y en a une qui a deux jours différens : lorſqu'on la conſidere ſous l'un de ces deux jours, cette pierre lance des rayons couleur de pourpre, & ſous l'autre ils paroiſſent couleur d'écarlate ; mais ſi on l'expoſe aux rayons du ſoleil, & qu'on l'échauffe conſidérablement, ou qu'on la frotte entre les

(1) Philoſoph. Magnet. Lib. 2. cap. 17. (2) Speudodoxia Epidemica. (3) Plinius in Hiſt. Nat. Lib. 37. cap. 29. pag. 780.

doigts, elle attire pour lors des brins de paille, des morceaux de papier, des fils, &c.

§. DCCCXXVIII. Les caracteres qui servent à nous faire connoître les corps non électriques par eux-mêmes, sont ceux qui suivent. 1°. S'ils sont propres à recueillir l'électricité de ceux qu'on connoît pour être électriques, & s'ils la transportent à de grandes distances : car les corps *idioélectriques* ne donnent autour d'eux que des signes très foibles d'électricité, & ne sont pas propres à la transmettre à de grandes distances. 2°. Si, étant frottés par une main bien seche, ils ne donnent aucun signe qu'ils soient électrisés, en ce qu'ils n'attirent point à eux des corps légers, très mobiles, suspendus ou placés sur des supports quelconques.

§. DCCCXXIX. Il paroît vraisemblable que les corps *idioélectriques* contiennent une grande quantité de matiere électrique, & que cette matiere est excitée, est mise en mouvement, & s'échappe de ces corps par le frottement & par la pression de la main, qui cause des ébranlemens & des frémissemens dans les parties insensibles de ces corps; & qu'au contraire les corps non *idioélectriques* ne contiennent point de matiere électrique, ou n'en contiennent qu'une si petite quantité, que, malgré l'ébranlement qu'on lui communique, par la friction de ces corps, elle ne devient pas propre à agir, ou qu'elle n'agit que très foiblement contre les petits corps légers qu'on lui présente : car il ne faut pas croire que la porosité, la densité, l'élasticité, ou que le frémissement qu'on occasionne dans les parties des corps qu'on frotte, soient cause de cette différence; c'est-à dire, que ces circonstances fassent que, parmi les différens corps, les uns soient électriques par eux-mêmes, & que les autres ne le soient pas. Il ne faut pas croire non plus qu'il se trouve dans ces derniers des obstacles internes qui s'opposent à l'écoulement de la matiere électrique; puisqu'ils reçoivent si aisément, & qu'ils transmettent de même la matiere électrique qu'ils reçoivent de ceux qui sont électriques par eux-mêmes : ce qui paroît manifestement par l'action du soleil ou du feu, qui ne produit aucun effet sur les corps non *idioélectriques*, & qui ne peut point les rendre électriques, quoiqu'elle produise cet effet dans ceux qui sont *idioélectriques*, & qu'elle les rende propres à attirer à eux des corps légers, en excitant la matiere électrique qu'ils contiennent.

S'il en est ainsi, on ne pourra pas dire que la matiere électrique est uniformément répandue dans tous les corps, & qu'elle y réside, de même que la matiere du feu qu'ils contiennent tous également, ainsi que nous aurons occasion de le démontrer par la suite.

§. DCCCXXX. La vertu électrique consiste dans un écoulement d'une matiere subtile, qui est répandue dans les corps que nous nommons *idioélectriques*; outre cela, il sort de pareils écoulemens de l'air qui avoisine ces corps, mais sur tout de ceux qui les touchent & qui les frottent : ces écoulemens se portent vers les parties qui se dépouillent de cette matiere, & s'élançant de tous les corps circonvoisins, ils vont s'emparer des places qu'occupoit avant eux la matiere électrique qui s'en est échappée. Or, de même que ces écoulemens, en s'échappant des corps, poussent & chassent devant eux les corps légers qu'ils rencontrent, de même, lorsqu'ils abor-

dent dans quelque corps, ils amenent avec eux, vers sa surface, les corps légers & mobiles, qui n'en sont pas éloignés, & qu'ils rencontrent sur leur passage.

§. DCCCXXXI. On doit regarder l'électricité comme un écoulement, une exhalaison d'une matiere très subtile, à la vérité, mais néanmoins matérielle.

1°. Parceque ces écoulemens sont sensibles au toucher ; car si vous approchez la main à peu de distance d'un tube récemment frotté, ou d'un tube de fer qu'on électrise, vous éprouverez le même sentiment que si ces corps étoient entourés d'une toile très fine, ou d'un souffle très léger.

2°. Ils se manifestent encore à l'odorat; ils ont une odeur désagréable, analogue à celle de l'esprit de vitriol ; du phosphore, de l'eau régale : cette odeur est très sensible, sur tout à l'extrêmité d'un tube électrisé, & elle se répand même à une très grande distance dans la chambre dans laquelle on fait de telles expériences.

3°. Si on reçoit ces écoulemens dans la bouche, ils y produisent la même sensation que produiroit un *acide subadstringent*.

4°. Ils se présentent aux yeux sous la forme de petites flammes, ou de petites aigrettes lumineuses, qui paroissent comme adhérer aux petites éminences, ou aux extrêmités des corps d'où ils s'échappent ; mais on les remarque sur-tout aux angles des barres de fer, ou des autres métaux qu'on électrise.

5°. Lorsque deux petites flammes de cette espece sortent de deux corps qui sont opposés l'un à l'autre, & que, par leur concours, elles forment une espece de petit cylindre lumineux ; elles brillent avec plus d'éclat, & souvent même elles forment une explosion, une espece de choc qui peut quelquefois s'entendre à la distance de deux cens pas, selon les observations de *Winkler* (1).

Outre cela, ces flammes, lorsqu'elles sont d'une certaine étendue, produisent une espece de sifflement continuel dans l'air.

Or puisque les écoulemens électriques affectent tous nos sens, il n'est pas possible de douter un instant qu'ils soient matériels.

§. DCCCXXXII. Chaque fois que des corps frottés nous permettent d'observer les cinq phénomenes que nous venons d'indiquer, nous sommes alors autant sûrs qu'on puisse l'être, que ces corps sont *idioélectriques*. L'électricité de ces especes de corps se manifeste sur-tout dans la partie frottée : de-là si ces corps sont d'une certaine longueur, ou qu'ils aient une certaine étendue, & qu'on ne frotte que quelques-unes de leurs parties, la vertu électrique se manifeste vers ces parties frottées, & non vers les autres.

§. DCCCXXXIII. Les écoulemens électriques peuvent se répandre autour de tous les corps que nous connoissons, pourvu qu'on ait soin de les isoler ; c'est à-dire, de les placer sur des corps *idioélectriques*, ou de les suspendre à des corps de cette espece. De quelque nature que soient ces corps, ils deviendront électriques, soit qu'ils soient solides, ou fluides, du regne animal, végétal, ou lapidifique, durs ou mous, en mouvement ou en re-

(1) Electrise Krafft des Wassers, Cap. 6. §. 48. p. 54.

pos, chauds ou froids, colorés ou non colorés, secs ou humides, polis ou non polis, & ils deviendront tous éléctriques dans un instant.

Car 1°: Tous ces corps, de quelqu'espece qu'ils soient, sont attirés ou repoussés, si-tôt qu'on excite la vertu électrique des corps électriques par eux-mêmes; & soit qu'ils soient attirés, soit qu'ils soient repoussés, ils deviennent électriques eux-mêmes par communication.

2°. Il paroît que tous ces corps ont contracté la vertu électrique, & qu'ils sont enveloppés par des écoulemens électriques, lorsqu'ils ont eux-mêmes la faculté d'attirer & de repousser, aussi-bien que les corps *idioélectriques*, les corps légers qui se trouvent plongés dans la sphere de leur activité.

3°. Parceque tous ces corps sont comme abreuvés d'une lumiere électrique, qu'ils conservent & qu'ils entretiennent.

J'ai cependant rencontré trois personnes que je n'ai jamais pu électriser, même en différens tems; quoique dans le même tems que je tentois cette expérience, je parvenois à électriser fortement d'autres personnes: l'une de ces personnes étoit un homme robuste, vigoureux, âgé de 50 ans, & n'étant attaqué d'aucune incommodité: l'autre étoit un jeune homme paralytique, âgé de 23 ans: la troisieme étoit une belle femme, saine, & âgée de 40 ans, mere de deux enfans bien constitués, & fort robustes. Peut-être, par la suite, découvrira-t-on des corps, dans les trois regnes de la Nature, qui se refuseront à l'électricité, & qu'on ne pourra parvenir à électriser; car ce n'est que le hasard qui puisse faire découvrir de telles exceptions.

§. DCCCXXXIV. Il n'est pas toujours indispensablement nécessaire que les corps qu'on veut électriser soient isolés; car lorsque nous saisissons avec la main une fiole en partie remplie d'eau qu'on électrise, quoiqu'alors nous soyons sur le plancher, cela n'empêche aucunement de porter une quantité considérable de matiere électrique dans cette fiole: lorsqu'une fiole est chargée d'électricité, on peut la retirer du tube, auquel elle étoit suspendue, la poser sur une platine de métal, placée sur une table; & cette fiole, malgré cela, conserve encore quelque tems sa vertu électrique.

§. DCCCXXXVI. Il arrive quelquefois que la flamme d'une bougie, celle d'esprit de vin enflammé dans un vase, placé sur une petite plaque de fer, suspendue à un fil de soie, & chargée d'électricité, n'attire point des corps légers qu'on lui présente, & que cette flamme elle-même n'éprouve aucun changement: j'ai éprouvé cela daas un tems sec & stable. Or peut on dire que cet effet vient de ce que la matiere électrique, qui pénetre la flamme, se dissipe entierement, & s'éleve en-haut avec les étincelles & la fumée qu'elle répand, & qu'elle ne s'écoule point latéralement? Cependant j'ai éprouvé quelquefois que la flamme d'une chandelle électrisée attiroit une petite plume suspendue à un fil de lin; & j'ai fait cette observation dans un tems humide, & très peu propre à l'électricité. Le célebre *Jallabert*, ayant placée une chandelle allumée sur une petite plaque de fer, qu'il chargea d'électricité, observa que la flamme de cette chandelle s'approchoit de son doigt, qu'il lui présenta, & qu'il tourna circulairement autour de cette flamme.

Si on plonge une chandelle électrisée dans un jet d'esprit de vin, qui sort par un petit orifice fait à un tube, cette liqueur s'enflamme; elle forme une

flamme longue, & d'une grande étendue, & elle a la vertu d'attirer un fil de lin, & d'être elle-même attirée fortement, en lui présentant la main. La flamme d'une chandelle, placée entre deux barres de métal, éloignées l'une de l'autre, a coutume de transmettre, d'une des barres à l'autre, la matiere électrique qu'elle reçoit. Si on supprime la chandelle, l'électricité ne poura point se propager d'une barre à l'autre, à cause de la trop grande distance qu'il y a entr'elles deux; mais lorsqu'on place cette chandelle entre ces deux barres, on diminue de moitié leur distance, & l'électricité, ayant alors un espace sous-double à parcourir, se propage plus aisément. Je n'ai pas encore pu parvenir à communiquer la vertu électrique à de la fumée de térébenthine; cependant la flamme de cette huile peut s'électriser, & donne, lorsqu'on l'électrise, des signes non-équivoques d'électricité : cette flamme répand cependant une fumée fort épaisse. Ces différences dépendroient-elles de la constitution actuelle de l'air, ou de quelques circonstances qu'on ne connoît point encore ? Quoi qu'il en soit, toutes ces différences, toutes ces irrégularités, qui se font observer si souvent, doivent rendre les Physiciens plus circonspects à réfuter les observations des autres, jusqu'à ce qu'on ait fait de plus grands progrès sur cette matiere.

§. DCCCXXXVI. Les corps *anélectriques* ou non *idioélectriques*, savoir ceux auxquels on vient à bout de communiquer la vertu électrique, par le moyen de ceux que nous nommons *idioélectriques*, & qui produisent ensuite les mêmes effets que ces derniers, sont appellés *électriques* par *communication* ou *sympériélectriques*.

§. DCCCXXXVII. On vient à bout de communiquer la vertu électrique plus aisément, & plus fortement aux corps non *idioélectriques*, ou à ceux qui ne sont que foiblement électriques par eux-mêmes, & on la communique plus difficilement, & moins fortement, aux corps *idioélectriquee*, soit qu'on ait déja essayé ou non, d'exciter leur propre vertu électrique. Et plus ces corps sont électriques par eux-mêmes, & plus ils reçoivent difficilement la vertu électrique par communication. En effet, on ne parviendra point à donner assez de vertu électrique par communication à de la poix, à du soufre, à de la soie, à du verre, &c, pour que la main puisse sentir le petit souffle que produisent ordinairement les corps fortement électrisés, ou pour que ces corps nous laissent observer des aigrettes lumineuses, ou enfin pour en tirer des étincelles : c'est pour cette raison, c'est-à-dire, parcequ'il est plus électrique par lui-même, que le fil de soie, qui est bleu, reçoit moins d'électricité par communication que tout autre fil de soie d'une autre couleur, & par conséquent ce fil est préférable à tout autre. pour suspendre les corps qu'on a dessein d'isoler pour les électriser. En général tous les corps qui sont fortement *idioélectriques*, sont très propres à isoler d'autres corps, sur-tout si on les frotte auparavant, & qu'on excite puissamment leur vertu électrique : tels sont, parmi ces especes de corps, la cire à cacheter, le soufre, la poix mêlée avec la colophone, &c. En effet, lorsque les corps *idioélectriques* sont fortement électrisés, la matiere électrique qui vient du dehors, & qui voudroit les pénétrer, éprouve une résistance de la part de celle qui est dans l'intérieur de ces corps, & qui y est animée par le frottement qu'on leur a fait subir; or cette résistance s'oppose à l'intromission de

la matiere électrique affluente ; mais si, indépendamment de cette résistance, cette derniere parvient à se répandre sur la surface des corps *idioélectriques*, elle en est bien tôt repoussée : elle devient alors une espece d'enveloppe, qui entoure la surface de ces corps, & elle oppose elle-même un obstacle insurmontable à la continuité de la matiere affluente, qui tend à les pénétrer. Mais il n'en est pas ainsi des corps qui ne sont point *idioélectriques*, & qui contiennent très peu de matiere électrique : ceux ci donnent un libre accès aux écoulemens électriques, qui pénetrent leurs pores, qui, se répandant dans toute leur substance, suivent toute la longueur de ces corps, & comme ils n'ont point naturellement d'atmosphere électrique qui les enveloppe, & qui puisse s'opposer à l'affluence de cette matiere, ils peuvent en recevoir une très grande abondance, qui les enveloppe de toutes parts ; tandis que celle qui a déja pénétré toute leur substance, & qui parcourt aisément toute l'étendue intérieure de ces corps, étant aussi poussée vers leurs surfaces, s'en échappe, & se dissipe ensuite dans l'atmosphere. Autant les corps *sympériélectriques* reçoivent de matiere électrique, autant les corps *idioélectriques*, qui la lui fournissent, perdent de la quantité de cette matiere qu'ils contenoient.

§. DCCCXXXVIII. Si les corps *idioélectriques* ne sont point frottés, & que la matiere électrique qu'ils contiennent ne soit pas mise en mouvement, cette matiere s'échappera difficilement de ces corps, pour se porter vers un autre corps *idioélectrique* dont la matiere électrique sera ébranlée ; tandis que les écoulemens électriques se portent aisément vers les corps qui ne sont point électriques, & s'en échappent avec la même facilité : c'est pour cette raison qu'une petite feuille de métal, placée dans un vase de soufre, ou de poix, de 3 ou 4 pouces d'épaisseur, n'est point attirée par un tube de verre frotté. Mais si une même feuille est placée dans un vase de bois, de carton, ou de métal, elle sera attirée par le tube ; la matiere électrique du bois, du métal, s'échappant de ces corps, & entraînant avec elle la feuille de métal vers le tube. Mais si le soufre, ou la poix, dont nous venons de parler, sont échauffés ou frottés, de maniere que la matiere électrique, qu'ils contiennent naturellement, soit mise en mouvement ; alors cette matiere s'échappera du corps qui la contenoit, & emportera avec elle la feuille de métal qu'elle poussera vers le tube. Un vase de verre, lorsqu'il est échauffé, & lorsqu'il est frotté, transmet plus facilement, dans sa cavité intérieure, les écoulemens électriques qui lui viennent du dehors, que lorsqu'il est froid.

§. DCCCXXXIX. On électrise plus aisément, & plus promptement, un corps dont la masse est moindre, qu'un autre corps dont la masse est plus considérable, quoique ce dernier reçoive une plus grande quantité de matiere électrique: En effet, si on électrise une tringle *de lit* de 6 pieds de longueur, dès l'instant qu'on lui communique la vertu électrique, elle laisse paroître à son autre extrêmité des aigrettes lumineuses ; mais si on électrise une barre de fer de 6 pieds de longueur, & dont le poids = 56 livres, les aigrettes ne paroîtront, à son extrêmité, qu'après un tems beaucoup plus long (1).

(1) Nollet, Recherches sur l'Elect. p. 146.

2°. Je fuſpendis à une chaîne de fer, qui étoit elle-même fuſpendue par un cordon de ſoie, je ſuſpendis, dis-je, à cette chaîne, une barre de fer qui peſoit 50 livres, & une autre qui ne peſoit que 8 onces : en moins d'une ſeconde il ſortit de cette derniere des aigrettes lumineuſes, & il n'en ſortit de la plus peſante qu'après 6 ſecondes.

Si les corps qui ont plus de maſſe s'électriſent moins promptement que ceux dont la maſſe eſt moindre; ils s'électriſent auſſi plus fortement : car, ayant électriſé un tube de fer blanc de 4 pieds de longueur & de 6 pouces de circonférence, & ayant pareillement électriſé une barre de fer de même longueur, dont chaque face avoit un demi pouce de large ; ayant, dis-je, électriſé ces deux corps pendant l'eſpace de 7 à 8 minutes, les aigrettes qui ſortoient de l'extrêmité de la barre de fer produiſoient des étincelles, lorſqu'on y approchoit la main, qui étoient ſi piquantes, qu'on ne pouvoit pas les ſupporter : celles qu'on tiroit à l'extrêmité du tube, étoient beaucoup moins douloureuſes, faiſoient un moindre bruit, & répandoient une odeur moins déſagréable (1).

§. DCCCXL. Mais ſi le tems eſt humide, & que le globe électrique ne puiſſe pas devenir fortement électrique, le corps dont la maſſe eſt moindre, par exemple le tube de fer blanc, dont nous venons de parler, s'électriſe plus aiſément, & propage mieux l'électricité que ne le feroit une maſſe de fer plus conſidérable ; telle, par exemple, qu'une *enclume*, ou un poids de 100 livres : parceque l'électricité qui ſe diſtribue à ces deux eſpeces de corps, eſt abſorbée plus aiſément par l'humidité de l'air qui enveloppe la plus groſſe maſſe de fer, que par celle qui enveloppe un petit tube de peu de ſurface ; & que la ſuperficie d'une groſſe maſſe, qui eſt couverte d'humidité, ne reçoit point, & ne laiſſe point paſſer dans ſon intérieur, la matiere électrique qu'elle pouroit recevoir de l'air qui l'avoiſine ; tandis que la petite maſſe du tube, & ſa ſubſtance moins épaiſſe, en reçoit encore en partie.

§. DCCCXLI. La figure & la grandeur des corps ne contribuent pas peu à rendre plus ſenſibles les phénomenes électriques : en effet, une groſſe maſſe de fer, telle qu'un poids de 100 livres, bien plus, pluſieurs poids de cette eſpece, ronds & nullement anguleux, ne s'électriſent pas ſi bien qu'une chaîne de métal de 300 pieds de long, & qui ne peſeroit que 8 livres. Le célebre *le Monnier* a obſervé qu'une lame de plomb, large de pluſieurs pouces, s'électriſoit moins bien que lorſqu'elle eſt diviſée en pluſieurs faiſceaux unis entr'eux ſelon leur longueur. L'Abbé *Nollet* ajoûte qu'une barre de fer quarrée, longue de 10 $\frac{1}{2}$ pieds, & qui peſoit 59 livres, s'électriſoit plus aiſément qu'une autre barre de même poids, mais qui n'avoit que 4 pieds de longueur (2).

La figure des corps qu'on électriſe contribue auſſi à varier les effets de l'électricité ; ce qui paroît manifeſte par l'obſervation de l'Abbé *Nollet*, qui nous apprend qu'une plaque de fer blanc, fortement électriſée, ne donne pas des étincelles ſi brillantes, ni ſi fortes que la même plaque contournée en forme de tuyau (3). Une coque d'œuf vuide reçoit plus d'électricité

(1) Nollet, Recherch. ſur l'Electr. p. 279. Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1747. (2) Nollet, Recherch, pag. 301. (3) Idem ibidem p. 305.

qu'un petit morceau de chaux solide, & du même poids que la coquille d'œuf.

§. DCCCXLII. Quoique nous ayions observé, & qu'il soit vrai de dire qu'un corps d'une plus grande longueur reçoive une plus grande quantité de matiere électrique, qu'un autre corps qui seroit moins long; néanmoins la longueur des corps, propre à être plus fortement électrisée, reconnoît des bornes : car il arrive quelquefois qu'un corps reçoit moins d'électricité, lorsqu'il est plus long, que lorsqu'il étoit plus court.

L'Abbé *Nollet* prit une barre de fer, longue de trois pieds $\frac{1}{2}$, large de 8 lignes, & épaisse de 2 lignes. Il pesa des bouts de fils de fer, un peu plus gros que ne le sont d'ordinaire des aiguilles à tricoter, & il en prit une quantité suffisante pour égaler le poids de la barre de fer; il unit ensuite ces fils de fer de même qu'on joint bout à bout les chaînes d'arpenteurs : il suspendit ensuite sa chaîne à des fils de soie, en lui faisant faire plusieurs tours & détours : enfin il électrisa ces deux corps, & il observa que les étincelles qui partoient de la chaîne n'avoient point assez de force pour allumer de l'esprit de vin, tandis que celles qui s'élançoient de l'extrêmité de la barre de fer, produisoient cet effet. D'où il suit que l'électricité devient, à la vérité, plus forte lorsqu'on se sert d'un corps plus long; mais que cet effet ne peut avoir lieu que dans le cas où la longueur est dans une certaine proportion avec la masse de ce corps : d'où il suit encore qu'il doit y avoir une certaine proportion entre la longueur & la masse d'un corps qu'on électrise; laquelle, étant observée, l'électricité sera autant forte qu'elle puisse être dans un corps auquel on communique cette vertu, & que ce corps recevra cette propriété aussi facilement que faire se peut.

§. DCCCXLIII. Si on prend deux corps de même genre, égaux en masse; mais que la masse de l'un de ces deux corps soit une masse continue, & que la solidité de l'autre soit interrompue; quoiqu'elle ait une plus grande surface, cette derniere masse deviendra moins électrique, & produira des effets moins sensibles que la premiere. Cet effet est démontré d'une maniere incontestable par l'expérience suivante. Si on électrise également un cube solide de fer du poids de 8 livres, & des clous de fer qui pesent également; l'électricité sera moins forte dans cette derniere masse que dans la premiere. L'Abbé *Nollet* a encore prouvé la même chose d'une maniere plus évidente. Il électrisa au bout d'une chaîne de fer un quarré de plomb laminé, épais d'une ligne, dont chaque côté avoit 6 pouces, & un poids égal de plomb à tirer, dont chaque grain avoit une ligne de diametre, étendu sur un morceau de taffetas de 5 pouces en quarré, auquel aboutissoit aussi une pareille chaîne; le plomb laminé produisoit des étincelles très piquantes, & d'un grand éclat, ses aigrettes étoient spontanées : le plomb grainé n'étincelloit pas si fort, & ne donnoit point d'aigrettes.

§. DCCCXLIV. Tous les corps *idioélectriques* ne sont pas tous aussi électriques les uns que les autres, & on ne parvient pas aussi aisément à les électriser tous, quoiqu'on les prenne dans la même espece, & qu'ils aient le même nom. Il y a des diamans très purs, qui brillent à peine dans les ténebres après qu'on les a frottés, & qui par conséquent sont très peu électriques : il y en a d'autres qui brillent beaucoup, & qui sont fort électriques : les diamans, dont la couleur est bleue, ceux qui sont d'une couleur verte

brillent plus, & font plus électriques que les autres. Les verres different auffi beaucoup entr'eux; les uns font blancs, les autres ont une couleur verte: parmi les blancs, & qui paroiffent très purs, il y en a quelques uns qui font fortement électriques, d'autres qui le font moins, & d'autres enfin qui ne donnent qu'avec peine des fignes de leur vertu électrique. J'avois de vieux tubes de barometre, avec lefquels je ne pouvois point conftruire de barometre lumineux, & qui ne devenoient point lumineux après les avoir bien frottés, & qui même n'attiroient point de corps légers; quoiqu'aujourd'hui les tubes de verre foient prefque tous fortement électriques. Les verres de Bretagne font excellens; ceux qui viennent de ce Pays, ainfi que ceux que la Bohême nous fournit, font préférables à ceux qui nous viennent de Hollande & de France. Il y a quelques Phyficiens qui recommandent très fort les verres communs qui font d'une couleur verte, ceux qui tirent fur le jaune & fur le noir (1); d'autres préferent ceux qui font d'une couleur bleue. Quelques uns donnent la préférence à ceux qui ne font point colorés; parceque ceux qui font colorés ne doivent leur couleur qu'à différentes chaux métalliques, qui ne font point électriques par elles-mêmes. L'Abbé *Nollet* fait dépendre la bonté des verres de Bretagne, de la chaux, du plomb & des autres drogues qui entrent dans leur compofition (2); & ils different entr'eux, parcequ'ils ne font pas tous compofés des mêmes ingrédiens, & felon les mêmes proportions: de-là naiffent les différences qu'on remarque dans la pureté, la tranfparence, le poids, la dureté, l'élafticité, &c, des verres. M. *Jallabert* prétend que les verres de la même verrerie & de la même chaudiere, font tous également électriques (3). Quelques uns ont foupçonné, & non fans fondement, que les verres, dans la compofition defquels il entroit une trop grande quantité de fels alkalis, attiroient promptement l'humidité de l'atmofphere, & que, par cette raifon, ils étoient peu propres à faire des expériences électriques; & qu'il faut préférer pour cet ufage celui qui contient une moindre quantité de fel, & qui a été long-tems expofé à l'action d'un grand feu, c'eft-à-dire, celui qui eft le plus cuit (4). En général tous les verres font très électriques & très propres à faire des expériences fur cette matiere; mais ceux qui font plus épais font beaucoup meilleurs que ceux qui font plus minces. Il feroit à fouhaiter que nous connuffions tous les ingrédiens qui entrent dans la compofition des verres, & les proportions felon lefquelles ils y entrent, nous ferions alors à portée de connoître ceux qui feroient les plus propres aux expériences électriques; mais les Ouvriers font un fecret de cela, & ne le communiquent à perfonne. Par exemple, les bouteilles qui nous viennent d'Allemagne ne font-elles pas excellentes pour garder long tems du vin. N'en a-t-on pas fait en France, dans lefquelles le vin fe gâtoit (5); parceque le vin qui féjournoit dedans,

(1) Holmannus in Commentar. Gotting. Vol. 1. p. 240. (2) Hift. de l'Acad. Roy. ann. 1745. (3) Sur l'Electr. Chap. 1. p. 7. (4) Wartz von der Electricit., Cap. 2. §. 29. p. 9.

(5) Un Gentilhomme du Nivernois avoit établi, à grands frais, une verrerie; mais le vin qu'on mettoit dans les bouteilles qui en venoient, fe gâtoit fur le champ. Les Chartreux d'Apenay avoient auffi une verrerie dans le même canton, & les bouteilles qui en fortoient, produifoient le même effet. On remarquoit qu'il fe dépofoit fur le cône ren-

les rongeoit (1). C'eſt parcequ'il y a tant de différence entre toutes les eſpeces de verre, qu'on remarque tant de variétés dans les effets qu'ils produiſent, même relativement à d'autres phénomenes que ceux de l'électricité, comme je le ferai obſerver Chap. XX, en parlant des tubes capillaires. *Farenheit*, en rempliſſant exactement de mercure pluſieurs tubes pour en faire des barometres, en trouva un qui ne donnoit aucune lumiere, ni aucun ſigne d'électricité, lorſqu'on faiſoit mouvoir le mercure dans ce tube. J'ai eu moi-même à ma diſpoſition un verre qui avoit été cuit à Veniſe dans l'année 1680, qui étoit ſi mou, qu'on pouvoit s'en ſervir pour émailler, quoique tous les verres qu'on faiſoit dans ce tems-là en Angleterre étoient parfaitement électriques; & que le mercure, faiſant ſes vibrations dans des tubes de cette matiere, donnoit une lumiere intérieure très vive, excitée par le ſeul frottement du mercure, lorſqu'il deſcendoit, & que ces tubes eux-mêmes attiroient à l'extérieur des corps légers ſuſpendus; effet que le verre de Veniſe ne peut point produire.

Je répétai encore en 1759, & avec deſſein, la même expérience, & je remarquai encore les mêmes effets, quoiqu'alors le verre d'Angleterre excitoit encore du mouvement dans des corps légers. Il n'y a que celui qui s'adonne avec attention à de telles expériences, qui puiſſe ſe convaincre de toutes ces différences, s'il a le ſoin de porter ſes recherches ſur toutes ſortes de corps. J'ai chez moi une eſpece de cire à cacheter, un peu moins électrique que du verre; j'en ai auſſi d'une autre eſpece, qui, quoique plus belle & plus pure que la premiere, eſt néanmoins beaucoup moins électrique qu'elle: j'en ai encore d'une autre eſpece, qui eſt plus électrique. En général la meilleure cire, lorſqu'elle eſt frottée, eſt très électrique; elle donne de la lumiere dans l'obſcurité, & elle jette des aigrettes lumineuſes, auſſi-bien que des tubes de verre. J'ai obſervé très diſtinctement ces aigrettes en hiver, dans un tems de forte gelée, & lorſque l'air étoit très ſec. Mais comme nous ignorons encore les différens ingrédiens qui entrent dans la compoſition des corps, la diſpoſition de leurs parties, leurs denſités & leurs pores, il n'eſt pas poſſible de déterminer ce qui rend les corps plus électriques les uns que les autres. Il y a des corps que la ſeule chaleur du ſoleil électriſe, quoique foiblement (2): d'autres dans qui cette vertu ſe décele, pour peu qu'on les frotte: d'autres qui ſont fortement électriques, lorſqu'on les frappe. Telles ſont les larmes bataviques, qu'on frappe pluſieurs fois ſur une enclume, avec un marteau d'acier. On remarque encore le même effet avec des gâteaux de ſoufre (3). Il y a d'autres corps qu'il faut échauffer, ou frotter long-tems, avant qu'ils donnent des ſignes d'électricité: il y en a d'autres qui ne deviennent pas électriques, lors même qu'on leur a communiqué plus de chaleur que n'en a d'ordinaire un œuf qui eſt ſous les

trant, qui eſt au fond de chaque bouteille, une eſpece de lie, ou de limon épais, & ſur les parois de ces bouteilles des criſtaux tartareux: la ſurface de la bouteille que le vin touchoit, étoit rongée & comme vermoulue. M. *Geoffroy* le cadet a rendu compte de ce phénomene dans un Mémoire imprimé parmi ceux de l'Académie Royale pour l'an 1724.

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1724. (2) Boyle, de Atmoſph. corp. conſiſ. p. 92
(3) Kratzenſtein, Theor. Elect. §. 13. p. 4.

aîles d'une poule ; mais qui ſont électriques lorſqu'ils ſont froids : telles ſont les réſines des végétaux, les réſines terreſtres & ſulfureuſes. Je pourrois encore rapporter ici l'exemple de quelques verres, qui deviennent d'autant moins électriques, qu'on les chauffe davantage ; & par conſéquent qui ne ſont point du tout électriques lorſqu'on les échauffe juſqu'au point de les faire rougir. La *tourmaline* eſt extrêmement électrique lorſqu'on lui a communiqué la chaleur de l'eau bouillante ; mais ſi on l'échauffe plus ou moins, elle eſt moins électrique (1) : cela viendroit-il de ce que l'élaſticité s'affoiblit dans les corps qu'on fait rougir ; de ſorte que leurs parties deviennent moins propres à frémir & à pouſſer au-dehors la matiere électrique qu'ils contiennent, ou parceque la chaleur des charbons ardens réſiſte à la matiere électrique, & s'oppoſe à ſon entrée dans ces corps. Il y a cependant des corps qu'il faut échauffer conſidérablement avant de les frotter, ſi on veut les rendre électriques ; tel eſt le bois de gayac, le buis, le noyer, l'aune, le chêne, &c. Il faut avoir ſoin de laiſſer long tems dans un four chaud les bois qu'on veut rendre électriques, & de les y laiſſer ſuffiſamment, pour que leur écorce noirciſſe ; outre cela il y a pluſieurs corps qui ne ſont électriques que lorſqu'ils ſont chauds : tels ſont l'ivoire, l'os, la corne, la baleine, le cuir, les pierres, le marbre, &c ; & aucun de ces corps ne devient électrique tant qu'il eſt froid : cela viendroit-il de ce que ces corps ſont mouillés intérieurement par une humidité qu'il faut que le feu deſſeche ? Car l'humidité eſt un obſtacle, & empêche la matiere électrique de s'échapper des corps qui ſont humides, quoique cependant l'électricité qui s'échappe de l'eau & de la glace, ſe jette avec abondance dans les corps électriques.

§. DCCCXLV. De même que ceux qui s'exercent beaucoup à répéter des expériences ſur cette matiere, acquerent l'habitude de les faire avec dextérité ; de même les corps électriques, dont on fait fréquemment uſage, deviennent plus aiſément & plus fortement électriques, & perdent cet avantage ſi on les abandonne long tems à l'oiſiveté : ainſi que je l'ai remarqué moi-même après MM. *Boze* & *Nollet* (2). Cela viendroit-il de ce que,

(1) Hiſt. de l'Acad. de Berlin, ann. 1756, p. 112.

(2) J'ajoûterai ici, pour confirmer cette vérité, un fait dont j'ai pluſieurs témoins. Je montai en 1760, au mois de Janvier, un globe de 7 pouces 3 lignes de diametre, que je fis travailler inutilement pendant plus de deux mois ; je le gardai pendant tout ce tems entre les deux poupées de ma machine, & je ne l'abandonnai point ; parceque j'en avois un de la même Verrerie & de même cuite, qui étoit excellent, & que je comptois beaucoup ſur celui dont il eſt ici queſtion. Je me déterminai donc vers la fin du mois de Mars à examiner ſérieuſement ce que j'en pourrois tirer. Je fis venir un homme qui le fit tourner pendant près de trois jours ; tandis qu'il frottoit ſur un couſſinet à reſſort. Je m'apperçus dès le ſecond jour qu'il attiroit fortement des corps légers que je préſentois à 2 ou 3 pouces de diſtance de ſon équateur : le lendemain je montai ma machine électrique, & je tirai de fortes étincelles ; ce qui m'engagea à le faire travailler encore 3 ou 4 heures. Sa vertu s'augmenta conſidérablement ; mais je préférai celui que j'avois auparavant : ce qui fit que je négligeai le premier pendant plus de 7 à 8 mois. Celui dont je fis uſage pendant tout ce tems, étant tombé, ſe caſſa : je revins avec confiance à l'autre ; mais je ne pus m'en ſervir avec ſuccès, qu'après l'avoir fait travailler pendant près de 12 heures : & depuis ce tems, ce globe m'a toujours bien réuſſi.

lorsque les pores des corps *idioélectriques* sont fréquemment abreuvés de la matiere électrique, les parties solides de ces corps qui pouvoient s'opposer à la circulation de cette matiere, sont ébranlées & disposées de maniere que les voies de ces écoulemens deviennent plus libres, & que les surfaces de ces parties deviennent plus lisses & plus polies; mais que dans ceux qu'on abandonne long-tems, sans en faire usage, il s'échappe de leurs substances des sels, qui obstruent les pores, & les couvrent, pour ainsi dire, d'une espece de rouille: c'est pour cete même raison qu'on remarque que les vases de verre qu'on laisse quelques années sans en faire usage, & sans les essuyer, se couvrent d'un nombre considérable de petites scissures; mais comme les vases creux dont on se sert pour les expériences de l'électricité sont souvent ébranlés, lorsqu'on en fait un fréquent usage, leurs surfaces internes demeurent propres, unies & seches, par le moyen de la matiere électrique, qui pénetre toute leur substance; tandis que l'humidité de l'air porte, contre les parois internes de ceux qui restent dans le repos, une espece de rouille; & c'est pour cela même que, lorsqu'on veut s'en servir de nouveau avec succès, il faut avoir soin de nettoyer, de laver leurs surfaces intérieures, & de les laisser sécher parfaitement. Ne pourroit-on pas dire aussi que l'observation de M. *Boze*, qui nous apprend que les ballons de verre qui ont servi dans les Laboratoires de Chymie, à faire les plus fortes distillations, sont beaucoup plus électriques que les autres (1), ne pourroit-on pas dire que l'effet dont nous venons de parler, dépend du poli que le contour des pores disséminés dans la substance du verre, acquiert par le mouvement de la matiere ignée?

§. DCCCXLVI. Mais quel moyen pourroit-on employer pour connoître si un corps *idioélectrique* est plus électrique qu'un autre? L'Abbé *Nollet* nous fournit une réponse à cette question (2). Coupez de petites feuilles de métal pour en former de petits quarrés égaux; afin que chacune de ces petites parties soient de même poids, & aient la même figure: couchez tous ces petits quarrés, bien étendus sur une platine neuve de métal, que vous laisserez constamment sur le même support pendant tout le tems de l'expérience, & éloignée des autres corps; frottez après cela sur le même coussin de cuir, ou de laine, avec la même force, & également long-tems, différens corps *idioélectriques*, que vous prendrez, autant que cela se pourra, de la même grandeur & de la même figure: faites aussi ensorte qu'il y ait peu de spectateurs pour cette expérience, dans la crainte que l'air de la chambre où on la fait, ne devienne trop humide, & approchez enfin un de vos corps frottés à différentes distances de vos feuilles de métal, d'abord à une grande distance, ensuite à une un peu moindre, jusqu'à ce que vous observiez un mouvement dans ces feuilles: marquez alors la distance à laquelle cet effet a lieu, ainsi que la promptitude de ce même effet; présentez ensuite, de la même maniere, un autre corps frotté, après celui-là un autre, & ainsi de suite: vous conclurez alors, d'après vos propres observations, que celui-là sera le moins électrique, qu'il aura fallu approcher plus près pour lui faire

(1) Philos. Transact. n°. 492. (2) Recherch. sur l'Electr. p. 127.

produire le même effet; & que celui qui l'aura produit à une plus grande distance, sera plus *idioélectrique.*

§. DCCCXLVII. Pour exciter comme il faut la matiere électrique des corps idioélectriques, il faut avoir soin que leurs surfaces soient nettes, polies, seches : ceux dont les surfaces sont inégales & raboteuses n'attirent point des corps légers, même après avoir été frottés, & cela parcequ'on ne peut pas les bien frotter, & que la matiere électrique qui s'en échappe n'en sort pas avec ordre & avec un mouvement uniforme: prenez des carreaux de vitre bien polis d'un côté, & raboteux de l'autre; frottez la surface raboteuse de ces carreaux, l'une & l'autre surfaces n'attireront que foiblement : mais si vous frottez leur surface polie, l'une & l'autre surfaces repousseront violemment des corps légers : c'est pour cela qu'il arrive souvent que des surfaces raboteuses deviennent très électriques lorsqu'on les polit. Si vous vous servez de corps *idioélectriques* qui sont creux, ayez soin que leur surface intérieure soit aussi nette & aussi seche que leur surface extérieure; car toute humidité, toute exhalaison, toute fumée, toute malpropreté quelconque, nuit aux effets de l'électricité : toutes ces choses retiennent, absorbent & suffoquent, si on peut ainsi parler, la matiere électrique. Afin donc de répéter les expériences de l'électricité avec tout le succès possible, il faut avoir soin auparavant de laver les corps dont on sert, avec de l'esprit de vin, de les essuyer ensuite, de les laisser parfaitement sécher, afin qu'aucune malpropreté ne demeure adhérente à aucune partie de ces corps.

§. DCCCXLVIII. Nous découvrons très bien les propriétés de l'électricité en faisant usage de tubes de verre d'un pouce & plus de diametre, longs de deux pieds, ou deux pieds & demi, ouverts des deux côtés, ou bouchés avec du liege, de crainte que l'air ne porte quelques malpropretés sur leurs surfaces intérieures : & comme le liege est très poreux, il se fait une circulation d'air de l'intérieur à l'extérieur, qui entretient le premier dans la même densité que l'air extérieur. Nous nous servons aussi pour la même fin de cylindres solides de verre commun de couleur verte, ou d'excellent verre d'Angleterre, qui est extrêmement transparent : nous faisons encore usage de cylindres de bois bien secs, à demi-brulés, & frits ensuite dans la cire ou dans l'huile de lin. Ce fut *Ammersin* qui fut l'inventeur de ces sortes de cylindres; ils n'absorbent point ensuite l'humidité de l'air, & ils ne le cedent en rien en bonté aux verres les plus électriques. On se sert encore, avec beaucoup d'avantage, pour faire les expériences de l'électricité, de globes de verre de 9, 10, 16, & même 17 pouces de diametre suffisamment épais, ou de vases de porcelaine, qu'on fait tourner circulairement en les frottant, ou de cylindres de verre de 6 pouces de diametre, tant ceux qui sont de verre vert, que ceux qui sont de verre blanc. On peut encore faire usage d'une boule de bois de 4 à 5 pouces de diametre, couverte de soufre selon toute sa surface, ayant soin de l'enarbrer sur un axe de fer : enfin on peut se servir d'un cylindre solide d'un demi-pouce de diametre, de deux pieds de longueur, & revêtu de cire à cacheter rouge: peut être que ceux qui viendront après nous, pourront découvrir quelque chose de meilleur pour ces sortes d'expériences.

On

On a imaginé depuis peu en Angleterre une machine électrique, que je trouve fort simple, & que je préfere non seulement à celles dont je me suis servi; mais encore à toutes celles qu'on a imaginées jusqu'à présent. C'est ce qui m'engage à en donner la description. Dans une espece de tambour creux A [*Tab.* 22. *fig.* 1.], est placée une roue dentée, enarbrée sur l'axe E; cette roue est mise en mouvement par une vis sans fin à trois filets, dont l'axe est saillant en B: cet axe, étant tourné circulairement par le levier B C, à l'aide de la manivelle C D, communique un mouvement de rotation très rapide au cylindre de verre (1).

Toute la machine est solidement attachée sur une table, à l'aide des vis L, M. Sur la base de cette machine est établi un ressort d'acier H, auquel est attaché un coussinet de cuir G. Par le moyen de la vis K, on peut bander ou débander le ressort, & par conséquent appuyer plus ou moins le coussinet contre le cylindre de verre qu'il doit frotter. Ce cylindre, étant mû circulairement, & étant frotté par le coussinet G, devient fortement électrique. Dans la base de cette machine glissent deux regles de cuivre S R, S R, qu'on fixe par les vis T, T; sur ces deux premieres regles s'élevent deux autres regles S X, S Y, qui en portent deux autres X Z, Y a: à chaque extrêmité desquelles pendent des fils de soie bleue, qui suspendent un tube de cuivre O P. A la partie antérieure O de ce tube est fixé un double fil de cuivre doré, applati à ses extrêmités N; ce fil, tout foible qu'il soit, est extrêmement élastique, & reçoit toute l'électricité du cylindre qu'il touche. A l'autre extrêmité P du tube O P, est un petit trou fait pour suspendre des fils, ou des chaînes, qu'on peut conduire à différens endroits, selon les besoins.

§. DCCCXLIX. Pour exciter la matiere électrique des corps *idioélectriques*, il faut les frotter avec la main, ou avec un coussinet; mais il n'importe pas peu de faire attention aux corps dont on se sert pour les frotter: il

(1) Il s'est glissé une erreur dans la description que l'Auteur nous donne ici de la machine électrique Angloise; car la roue, étant enarbrée sur l'axe du cylindre de verre, ce cylindre ne fera qu'un tour, à chaque tour que la roue fera: mais cette roue fera elle même d'autant moins de tours, qu'elle aura plus de diametre, relativement à celui de la vis sans fin, qui est supposée la conduire. Supposons, par exemple, que le diametre de la roue = 6 pouces, & que celui de la vis = 1 pouce; il faudra nécessairement que le pignon fasse six tours, pour que la roue en fasse un; car on doit considérer cette vis comme un pignon qui mene une roue: or, d'après les principes universellement reçus en Méchanique, la vîtesse d'une roue, conduite par un pignon, est à celle de ce pignon, comme le diametre du pignon est au diametre de la roue: d'où il suit manifestement qu'en supposant la construction qu'on vient de donner, & le rapport indiqué entre le diametre de la roue & du pignon, il faudra six tours de manivelle pour que le cylindre fasse une révolution: ce qui rend le mouvement de ce cylindre beaucoup plus lent que si on appliquoit la manivelle à l'extrêmité de son axe.

Ainsi donc, pour tirer parti de la roue dont on fait ici usage, à dessein d'augmenter la vîtesse du cylindre, il faut nécessairement que la manivelle soit appliquée à l'arbre de la roue, & que la denture de cette roue engraine dans les filets de la vis sans fin, qui doivent être creusés sur l'arbre même du cylindre. Suivant cette construction, chaque tour de manivelle fera faire un tour à la roue, & le cylindre qu'elle conduira, fera d'autant plus de tours dans le même tems, que le diametre de son arbre sera plus petit, par rapport à celui de la roue.

y en a qui empêchent l'électricité de se manifester ; tels sont les morceaux de mine d'antimoine de bismuth, les corps humides, huileux, gras, la cire, les résines : ceux dont la texture est trop lâche, les mains humides. D'autres qui, quoique très secs, n'excitent point une forte électricité ; tels sont les corps *idioélectriques*, dont la vertu électrique est très puissante ; le verre en poudre, le succin, le soufre, &c. Les coussinets faits de soie quelconque, soit en fil, soit en étoffe, ceux qui sont faits d'étoffe de laine, de cheveux, de poils de castor, &c. On remarque encore le même effet si on répand sur le coussinet de la limaille de fer, de la chaux d'étain, de plomb, du sable; de-là si on frotte du verre avec du verre, du succin avec du succin, ou du verre avec du succin, on ne produit qu'une électricité très foible, & on ne l'excite pas également dans différens corps qu'on frotte de cette même maniere. Il y a d'autres corps qui excitent une forte électricité ; tels sont la craie très seche, la poudre d'amidon très desséchée, sur-tout les scories de cuivre jaune réduites en très petites parcelles : cette derniere substance excite une électricité très forte lorsqu'on répand la poussiere qui en résulte sur de petits coussinets oblongs, faits de cuir rouge de Turquie, ou de peau blanche d'agneau, & remplis de crin ou de plume très seche, prise sous les aîles de quelques oiseaux. Je préférerois toujours ces scories, si, lorsqu'elles tombent par terre, elles ne faisoient des taches ineffaçables sur le parquet ; mais, à leur place, on peut se servir, pour enduire ces coussinets, de petites feuilles minces d'étain, d'argent, d'or, ou d'une carte dorée, argentée, ou enfin couverte de cuivre ou d'étain qui touche le globe lorsqu'il tourne, pourvu qu'on ait eu l'attention de bien sécher cette carte, ou le coussinet, en l'exposant, pendant plusieurs heures, aux rayons du soleil, ou devant un feu de charbons qui ne répande aucune fumée. Les coussins qu'on fait avec du chanvre, ou avec tout liege quelconque, avec du papier, du coton, sont moins bons que ceux qui sont faits de cuir doré ; en un mot le meilleur coussinet dont on puisse se servir, est celui qui est fait de bois recouvert de 7 à 8 peaux de buffle, ainsi que l'avance l'Abbé *Nollet* (1). Le célebre M. *Halles* recommande, pour cet usage, un linge neuf, qui n'ait jamais été mouillé (2). Les globes dont on se sert pour faire les expériences de l'électricité deviennent donc électriques (3), lorsqu'on les fait tourner rapidement, & qu'ils frottent sur les coussinets dont nous venons de parler : ils le deviennent encore, si un jeune homme sain, vigoureux, & d'une constitution seche, les frotte avec la main, ou même avec les deux mains : enfin on réussira encore mieux, si on répand, sur la main qui doit frotter le globe, quelques-unes des poudres dont nous venons de faire mention.

(1) Recherch. sur l'Electr. p. 317. (2) Philos. Trans. n°. 488. p. 410.

(3) Il s'est glissé ici une faute d'impression ; voici le texte : *Hisce pulvillis spheræ vitreæ veloci vertigine rotatæ teruntur.* Ce qui signifie que les globes de verre, auxquels on communique un mouvement de rotation très rapide, s'usent en frottant sur ces coussinets, (ceux dont nous venons de parler). Or, si on compare ce texte avec ce qui suit, on conviendra que, quoique tout corps exposé au frottement s'use nécessairement, & que quoique les globes de verre, dont il est ici question, soient dans le même cas, on conviendra, dis-je, que l'Auteur n'a point eu intention de parler de cet effet. J'ai donc cru devoir me prêter ici à l'idée de l'Auteur, & donner à ce texte le sens que je lui ai donné.

Cette méthode eſt, à la vérité, la plus avantageuſe de celles qu'on peut mettre en uſage; mais elle porte avec elle un inconvénient, qui eſt qu'elle nuit à la ſanté, en ce qu'elle peut exciter une fievre ardente, & donner les pâles couleurs (1).

§. DCCCL. Les corps frottés & les corps frottans concourent donc enſemble à la meilleure maniere d'exciter la matiere électrique : ceux qui frottent doivent donc être tels qu'ils puiſſent, à la vérité, mettre en mouvement la matiere électrique des corps *idioélectriques*; mais il faut encore qu'ils ſoient propres à tranſmettre également la matiere affluente & effluente. C'eſt pour cela que les couſſinets ſur leſquels on répand du verre pilé, ou du ſoufre, qui ſont des matieres *idioélectriques*, ne ſont pas propres à

(1) Sans vouloir jetter aucun ſoupçon ſur la bonne-foi de l'Auteur, que j'honore infiniment, & qui eſt univerſellement reconnue, ne pourrois-je pas déduire de pluſieurs obſervations que je vais rapporter, que la crainte de l'accident dont il nous menace dans cette occaſion, n'eſt fondée que ſur quelques faits particuliers, qui peuvent d'autant moins juſtifier ſon idée, qu'ils paroiſſent abſolument indépendans de la cauſe à laquelle il les attribue. Il a pu ſe faire, à la vérité, que quelques perſonnes, ayant frotté des globes électriques, après avoir répandu ſur leurs mains quelques-unes des poudres dont il fait mention, aient été attaquées d'une fievre ardente, & aient eu les pâles couleurs; mais je ne puis croire pour cela qu'on puiſſe démontrer une connexion entre ces maladies & les poudres dont nous parlons. Il eſt vraiſemblable, & tout nous porte à croire, que ces effets doivent leur origine à la diſpoſition où ſe trouvoient alors ceux qui ont fait ces ſortes d'expériences. Je ſoupçonnerois tout au plus, que l'action de frotter des globes électriques, & que les effets qui réſultent de ce frottement ſur l'économie animale, ont pu contribuer à accélérer un accident qui ſe feroit manifeſté indépendamment de cela : mais les poudres ne paroiſſent point devoir entrer pour quelque choſe dans cet accident. *Muſſenbroek* lui-même a été incommodé, & a eu, à trois différentes fois, une fievre de 36 heures, ainſi qu'il nous l'apprend (§. 945). Madame ſon épouſe a été incommodée après avoir frotté des globes; mais ils ne s'étoient, ni l'un, ni l'autre frottés les mains avec aucune poudre : car il n'eût pas manqué de nous le faire obſerver.

Ce que je puis aſſurer, d'après pluſieurs obſervations conſtantes, & d'après ma propre expérience; j'ai connu en Province pluſieurs perſonnes qui faiſoient métier de répéter des expériences ſur l'Electricité; ces gens électriſoient continuellement, & ils avoient toujours ſoin, pour conſerver la ſécherеſſe de leurs mains, de les couvrir de différentes poudres: j'en ai connu deux qui électriſoient ayant ſur la paume de la main de la raclure d'étain pour frotter le globe. J'en ai vu un qui ſe couvroit la main de parchemin, ſur lequel il étendoit des raclures de cuivre, & je n'ai jamais oui dire qu'aucun de ces gens-là ait été incommodé. En 1762 je répétai, pendant huit jours conſécutifs, différentes expériences ſur l'Electricité; je frottai des globes pendant plus de 7 heures par jour, & j'avois ſoin, à chaque inſtant, de me frotter les mains avec de la craie. Pendant les vacances de la même année, je tentai, à la campagne, quantité d'expériences, qui m'obligerent à frotter des globes, pendant plus de 60 heures en 8 jours, ayant toujours la précaution de me frotter les mains avec de la craie. J'ai toujours ſuivi cette même méthode juſqu'en 1764, où je commençai, pour ma commodité, à conſtruire un couſſinet à reſſort : & je n'ai jamais été incommodé.

Comme les expériences ſur l'Electricité ne réuſſiſſent jamais mieux que lorſqu'on frotte les globes avec des mains couvertes de ces ſortes de poudres, & qu'on ne peut aſſez encourager les Phyſiciens à travailler ſur cette matiere, ſur laquelle on ne peut trop raſſembler de faits & d'obſervations; j'ai cru devoir faire ici cette remarque, dans la crainte que le zele des Phyſiciens électriſans ne ſe refroidît, par les dangers dont notre Auteur les menace.

tranſmettre les écoulemens électriques, comme ceux qui ſont frottés avec de la craie, de l'amidon, des ſcories de cuivre, &c; matieres qui ne ſont point électriques : d'où il ſuit que la main de tel homme eſt ſouvent préférable pour électriſer, à celle d'un autre homme, lors même que ce dernier auroit la main couverte de craie.

§. DCCCLI. L'électricité, une fois excitée dans certains corps *idioélectriques*, ſe conſerve quelquefois long tems, ſi on place ces corps dans des endroits très ſecs & très purs. J'ai obſervé à Leyde, dans un tems très ſerein, & de forte gelée, que des tubes de verre conſervoient leur électricité une heure après avoir été frottés : j'ai encore obſervé qu'elle ſubſiſtoit pendant 12 heures, lorſque j'avois electriſé des globes d'un grand diametre. Le célebre *Boze*, qui a fait quantité de découvertes curieuſes ſur cette matiere, nous aſſure qu'il avoit conſervé électriques, pendant 3 ou 4 jours, des globes de verre enduits intérieurement de cire à cacheter, de poix, ou de ſoufre, & qu'après ce tems ils avoient encore attiré des fils légers (1); ce que M. *Jallabert* nous a encore confirmé (2). Si un tube de verre perd en peu de tems la vertu électrique qu'il reçoit par le frottement; ſi on le frotte de nouveau, & qu'après l'avoir rendu électrique par ce frottement, on l'approche auprès d'un feu ardent, & qui ne donne point de fumée, il conſervera un jour entier ſa vertu électrique. J'ai obſervé pluſieurs fois que de la cire d'Eſpagne, du ſoufre, de la colophone, que j'avois électriſés, & que je renfermois enſuite dans des étoffes de laine, le tout étant placé après cela dans des vaſes de verre; j'ai remarqué, dis je, que ces corps ont conſervé leur vertu électrique pendant 6, 7, 8, 9, 10 mois. Mais l'électricité qu'on communique aux hommes, aux métaux, aux cordes, & à tout autre corps non électrique par lui-même, ſe diſſipe, pour l'ordinaire, ſur-le-champ : on a cependant obſervé quelquefois qu'elle ſe conſervoit pendant un quart-d'heure, lorſque le tems étoit favorable. L'électricité ne ſe conſerve jamais plus long-têms que lorſqu'elle eſt communiquée immédiatement par des corps *idioélectriques*. On a encore remarqué que la vertu électrique, étant communiquée à l'intérieur d'une fiole de verre, vuide & ſeche, par le moyen d'une chaîne qui pendoit dedans, s'eſt conſervée pendant quelque tems; qu'elle ſe jetta enſuite dans de l'eau qu'on verſa dans cette bouteille, & qui plus eſt, qu'elle ſubſiſta encore dans cette eau, quoiqu'on l'eût vuidée dans une autre fiole qui n'avoit point été électriſée : ce qu'on pourra obſerver encore, pourvu que cette fiole ſoit de verre mince, & qu'on la tienne à la main, ou qu'on la poſe ſur un corps non *idioélectrique* (3).

§. DCCCLII. Néanmoins, en toute ſorte de cas, l'électricité ſe perd avec le tems : d'où il ſuit que l'électricité qu'on excite dans les corps *idioélectriques*, n'eſt pas un état permanent des corps; mais qu'il n'eſt que paſſager, & de peu de durée : elle s'affoiblit inſenſiblement lorſqu'on abandonne les *idioélectriques* à un état de repos, & elle périt à la fin; mais elle ſubſiſte dans ces corps tant qu'on les frotte d'une maniere convenable. Il ſuit de-là que la vertu électrique dépend du mouvement qu'on excite dans les parties

(1) Commentar. novus de Electr. p. 8. (2) Expér. ſur l'Electr. p. 106. (3) Winckler, Electr. Krafft des Waſſers, Part. 2. cap. 2. §. 65. Nollet, Lett. ſur l'Electr.

des corps *idioélectriques*; qu'elle subsiste avec ce mouvement, & qu'elle périt lorsqu'il cesse. La matiere électrique, excitée & mise en mouvement dans un corps *idioélectrique* qu'on frotte, s'en échappe, tandis qu'une autre matiere s'empare de l'espace que celle qui s'échappe lui abandonne; par conséquent, suivant que les corps seront propres à se prêter à ce mouvement, & à le conserver, suivant qu'ils seront propres à recevoir le fluide électrique, à l'ébranler, & à le pousser au dehors; ils seront propres à proportion à donner des signes de leur vertu électrique, & à la conserver plus long tems. Ne pourroit-on pas dire que ce mouvement est un certain frémissement communiqué aux parties des corps qui sont, pour ainsi dire, imbibés de matiere électrique? Ce mouvement de frémissement, étant produit par le frottement, les pores du corps frotté deviendront plus petits, par l'effort de la compression, & le fluide électrique sera, pour ainsi dire, exprimé entre ces interstices, & il s'échappera au dehors: les parties du corps frotté se rétablissent ensuite dans leur premiere situation; leurs pores deviendront plus grands, & la matiere électriqne affluant en plus grande quantité, viendra remplir la place de celle qui s'étoit dissipée dans l'instant précédent; de sorte que cette compression & ce relâchement alternatif, produit par la main qui frotte un tube, ou tout autre corps *idioélectrique*, met en mouvement une grande quantité de matiere électrique, non-seulement celle qui est contenu dans le tube; mais encore celle qui se trouve dans le voisinage du corps frotté: effet qui subsiste pendant quelque tems; savoir, tant que le frémissement produit dans les parties du corps *idioélectrique* persévere; car dès que ce frémissement cesse, le fluide électrique s'engourdit alors, & demeure dans l'inaction. Or comme ce ne sont pas continuellement les mêmes parties du corps frotté qui frémissent pendant tout le tems que ce corps demeure électrique, mais que ce frémissement se fait sentir successivement en différens endroits; il s'ensuit que l'influence & l'affluence de la matiere électrique ne se fait pas continuellement observer vers le même endroit du corps frotté: & c'est pour cette raison que les corps légers, qui sont attirés vers un endroit de ce corps, en sont un moment après repoussés; & que ces attractions & répulsions qu'on observe, ne sont jamais régulieres. Quoique les corps *idioélectriques* soient entourés d'une matiere fluide, qui forme autour d'eux une atmosphere, lorsqu'ils sont frottés, il ne suit pas de là que cette atmosphere entoure également ces mêmes corps lorsqu'ils ne sont pas frottés: on ne trouve aucune preuve de l'existence de cette atmosphere autour des corps *idioélectriques* qu'on laisse dans l'inaction, & qu'on ne frotte pas.

Les corps *sympériélectriques* perdent souvent tout-à-coup la vertu électrique qu'on leur communique: ceux à qui on a communiqué une grande quantité de matiere électrique, conservent plus long-tems leur vertu électrique; mais néanmoins ils la perdent insensiblement, & ils en sont bientôt dépouillés. Si on charge d'électricité une fiole de verre en partie remplie d'eau, & qu'on approche ensuite le fil de fer, qui sert de conducteur à cette fiole, contre un tube de fer suspendu à des cordons de soie; on remarquera une étincelle bruyante entre ces deux corps, lorsqu'ils seront près du contact: si on dépouille alors le tube de la matiere électrique qu'il vient de re-

cevoir de la fiole, ce qu'on pourra faire en le touchant avec la main, & qu'on en approche encore le fil de fer, conducteur de la fiole, on obſervera encore le même effet; ce qu'on pourra répéter pluſieurs fois avant que la fiole ſoit tout à-fait dépouillée de la matiere électrique dont on l'a chargée. *Watkins* imagina cette expérience; mais il ne la fit pas exactement de cette maniere (1).

§. DCCCLIII. L'électricité eſt plus forte, & ſe conſerve plus long-tems dans les corps électriſés, lorſque le tems eſt ſerein, & que l'air eſt très ſec, dans quelque ſaiſon de l'année que ce ſoit. Or comme dans l'hiver, lorſque la gelée eſt très forte, l'air eſt alors très ſec, & qu'il n'eſt que très peu chargé des exhalaiſons qui s'élevent ordinairement de la ſurface de la terre; ce tems eſt très propre à l'électricité. On excite alors aiſément cette vertu; par exemple, en paſſant la main rapidement ſur le dos d'un chat, mais ſelon une direction contraire à celle de ſes poils, & on remarque des étincelles pétillantes, qui ſuivent le mouvement de la main. Mais ſi le ciel n'eſt pas ſerein, quoiqu'il gele, on excite plus difficilement la vertu électrique, à moins qu'on n'ait ſoin d'échauffer l'air & le corps *idioélectrique*, dont on veut faire uſage, avec des charbons ardens, qu'on promene autour de ce corps, & dans tous les environs; mais cette pratique, quoiqu'avantageuſe en ce cas, ne fait pas pour cela qu'on puiſſe parvenir à avoir une forte électricité. Dans l'été l'électricité n'eſt pas non plus conſidérable, lorſqu'il fait grand chaud; parceque la chaleur éleve une grande quantité de vapeurs & d'exhalaiſons qui nuiſent à la vertu électrique: cependant ſi, dans ce tems, l'air eſt très ſerein & très ſec, on n'aura pas une moins forte électricité que celle qu'on pourroit avoir en hiver, & ſouvent même elle eſt encore plus forte; car j'ai obſervé moi-même dans ce tems, qu'un tube de verre attiroit des corps légers à la diſtance de 12 pieds. Dans ce cas, la lumiere du jour, ou les ténebres de la nuit, n'apportent aucun changement aux expériences électriques; ce qui arrive cependant dans toute autre circonſtance. La vertu électrique de la *tourmaline*, du verre, de la cire, eſt très foible, lorſque le tems eſt humide, nébuleux, froid, & lorſqu'on veut tenter ces expériences dans un endroit ſurchargé des exhalaiſons & des vapeurs qui s'échappent d'un grand nombre de ſpectateurs; parcequ'alors la ſurface des globes, ou des tubes qu'on frotte, ſe couvre d'humidité. Cependant dans l'hiver de l'année 1756, le brouillard étant épais, je ſuis parvenu à faire des expériences électriques, après avoir fait ſécher & chauffer tout l'appareil néceſſaire à ces expériences; tandis qu'au mois de Décembre de l'année 1759, je ne pus jamais, par aucun moyen quelconque, faire aucune expérience, & produire la moindre vertu électrique, dans un tems de brouillard, & lorſqu'il tomboit de la neige. Dans pluſieurs endroits l'électricité dépend beaucoup des vents, qui portent avec eux un air ſec ou humide, nébuleux, froid ou chaud.

§. DCCCLIV. En Hollande l'électricité eſt forte pendant les vents d'Eſt, du Septentrion, de Nord-Eſt, quoiqu'il tombe quelques pluies pendant ce tems. Au contraire, dans le même endroit, l'électricité eſt très foible lorſ-

(1) Expérienc. 29. p. 48. Tum. §. 631.

que les vents du Midi, de l'Oueſt ſoufflent; ſur-tout s'il pleut dans ce tems, ou que le ciel ſoit nébuleux. *Boyle* avoit déja fait les mêmes obſervations. J'ai néanmoins obſervé une exception à cette regle générale. Le 28 Juin de l'année 1749, il plut pendant tout ce jour; le tems étoit très humide, le ciel très nébuleux, & le vent du Midi ſouffloit impétueuſement : néanmoins je n'ai jamais mieux réuſſi dans mes expériences que ce jour-là ; l'électricité étoit extrêmement forte. J'ai encore obſervé la même choſe le 8 Mai de l'année 1753 ; le vent d'Oueſt ſoufflant, & la pluie tombant abondamment. L'Abbé *Nollet* dit avoir éprouvé lui-même trois ou quatre fois la même choſe (1). Le Pere *Gordon* dit l'avoir auſſi éprouvé. Cela peut venir de ce que les nuages, qui tomboient alors en pluie, étoient ſurchargés d'électricité, & que cette pluie portoit avec elle une quantité de matiere électrique qu'elle communiquoit à l'atmoſphere qu'elle traverſoit, & qu'elle rendoit, par ce moyen, l'air plus électrique; mais tous les nuages n'ont pas cette qualité, ainſi que pluſieurs obſervations nous le font voir; car en Hollande on ne peut point exciter la vertu électrique en tems de pluie. On comprend, par ce que nous venons de dire, pour quelle raiſon un corps *idio-électrique*, étant frotté, porte quelquefois ſon action juſqu'à 10 ou 12 pieds de diſtance, comme je l'ai obſervé ; quoique dans un tems humide il ne puiſſe mouvoir & attirer des corps légers, qu'à la diſtance de quelques pouces ſeulement : on conçoit auſſi pourquoi, le tems étant extrêmement pluvieux, ou nébuleux, & perſévérant long-tems dans cet état, & dans l'hiver, les corps *idioélectriques* ne donnent preſqu'aucun ſigne d'électricité ; cela vient de ce que l'humidité, qui regne dans l'air, abſorbe les écoulemens électriques qui s'échappent des corps *idioélectriques*, & qu'elle les diſtribue dans toute la maſſe de l'atmoſphere, & qu'outre cela cette humidité, s'attachant à la ſurface des corps *idioélectriques*, s'oppoſe en partie aux écoulemens électriques.

§. DCCCLV. On peut ranger tous les corps que nous connoiſſons ſous trois claſſes différentes. La premiere comprendra ceux qui peuvent recevoir une grande quantité de matiere électrique, & la retenir quelque tems. La ſeconde, ceux qui n'en peuvent recevoir qu'une très petite quantité, & qui n'ont pas la faculté de la conſerver long-tems. Nous rangeons dans la troiſieme ceux qui ne reçoivent peut-être point du tout d'électricité par communication.

Voici de quelle maniere je ſuis parvenu à cette connoiſſance. Si on met de l'eau dans une fiole, juſqu'environ la moitié de ſa capacité, & qu'on ferme le goulot de cette fiole avec de la cire à cacheter, traverſée par un fil de fer qui pénetre juſques dans l'eau, & qui communique extérieurement, avec la chaîne ſuſpendue au tube conducteur qu'on électriſe par le moyen d'un globe de verre ; on portera dans cette fiole une grande quantité de matiere électrique, qui y reſtera, pour ainſi dire, enchaînée pendant environ 36 heures : mais ſi quelqu'un, ſaiſiſſant avec la main la partie inférieure de cette fiole, & la touchant extérieurement, juſqu'à la hauteur de l'eau qu'elle contient, touche, avec ſon autre main, le fil de fer, ou la chaîne

(1) Recherch. ſur l'Electr. p. 175.

avec laquelle ce fil communique; il se fera alors une forte explosion : il partira une étincelle bruyante, &c, qui excitera une commotion dans la main de celui qui fera cette expérience. On pourra estimer la quantité de matiere électrique qui aura été ramassée dans cette fiole par la force de l'explosion, & on pourra aussi découvrir, par la même expérience, si le corps étranger, qui est renfermé dans la fiole, reçoit une grande quantité, ou peu d'électricité, ou même s'il n'en reçoit point du tout. Cette explosion sera très violente, si on met dans cette fiole de l'eau, du mercure, tout amalgame quelconque, de la mine de plomb, de l'huile de tartre par défaillance, de l'eau-forte, du vinaigre, de la bile, de l'urine, de l'encre, de la limaille de fer non rouillee. Mais l'eau dont on remplit une partie de cette fiole reçoit-elle, & entretient-elle long-tems l'électricité qu'on lui envoie par le moyen du fil de fer conducteur? Certainement; & en voici la preuve. Je pris deux grands vases de verre A & B [*Tab.* 21. *fig* 5.], dont l'un B étoit rempli d'eau, & l'autre A ne contenoit que de l'air; je suspendis à un fil de soie DG un syphon à deux branches EDC, que j'avois rempli d'eau, & qui plongeoit dans l'eau du vase B : j'électrisai ensuite cette masse d'eau par le moyen d'un fil de fer LM, qui communiquoit avec le conducteur KH; & ayant ouvert le syphon, l'eau du vase B se transvasoit dans le vase A. Lorsque le syphon eut tiré du vase B toute l'eau qu'il en pouvoit tirer; je pris le vase A pour éprouver si cette eau étoit électrisée : j'approchai vers le milieu de la surface de cette eau un petit duvet, & j'observai aussi-tôt que les petits floccons de ce duvet s'étendoient & se portoient vers la surface de l'eau : lorsque j'approchai ce duvet vers les côtés du vase, il étoit alors attiré par les parois de ce vase; d'où je conclus que, dans cette expérience, l'électricité ne s'étoit pas seulement communiquée à l'eau, mais encore au verre même.

Nous rangerons dans la seconde classe, c'est-à-dire, dans celle qui comprend les corps qui ne reçoivent que très peu d'électricité lorsqu'on les met dans la fiole dont nous venons de parler ci-dessus, le sable, le menu plomb, les scories de fer, la limaille de fer rouillée, l'huile de petrole, l'esprit de sel marin, la dissolution d'alun, l'esprit de sel ammoniac, le lait doux, l'huile d'olives, de raves, de noix, le beurre.

Nous placerons enfin dans la troisieme classe, dans celle qui comprend les corps qui ne reçoivent point d'électricité, lorsqu'on les met dans la même fiole que ci dessus, le verre pilé, & tout corps fortement *idioélectrique*, l'huile de vitriol, l'esprit de nitre de Glaubert, le sang de cochon, &c. C'est de cette maniere, ou selon une méthode semblable, qu'il faut examiner tous les corps, pour les ranger dans la classe qui leur convient; & il est hors de doute qu'on découvrira par-là quantité de choses nouvelles, auxquelles on ne s'attend pas.

Je ne doute pas que la matiere électrique, dont on charge la fiole dont nous venons de parler, ne se fasse jour, & ne pénetre la substance même de cette fiole; puisque cette matiere s'échappe au dehors, & que, lorsque le tems est favorable à l'électricité, elle vient frapper la main, qui est sur le point de saisir la fiole, lorsqu'elle est chargée, & qu'elle la frappe même à quelque distance : mais cette matiere électrique, que le conducteur porte

dans

dans cette fiole, ne se jette pas seulement dans la substance du verre, mais encore dans les corps que la fiole contient; puisque ces corps contribuent aux différens degrés d'intensité qu'on observe alors dans l'électricité : ce dont on peut se convaincre par les explosions plus ou moins fortes qu'on excite, en touchant le fil de fer conducteur.

Lorsqu'on verse de l'eau, ou quelqu'autre fluide, dans une fiole, on peut considérer ces fluides comme isolés; puisque le verre est *idioélectrique* : par conséquent dès que ces fluides sont isolés, ils peuvent se charger d'une grande quantité de matiere électrique. C'est pour cela que, lorsqu'on communique à l'eau, renfermée dans une de ces fioles, une grande quantité de cette matiere, non-seulement elle se jette dans la substance de l'eau, mais elle pénetre outre cela le verre; & comme il est très mince, elle s'échappe au-dehors : mais lorsque la surface extérieure de la fiole est couverte de métal, la matiere électrique qui vient du dehors, se fait jour à travers l'épaisseur de la fiole, & se jette abondamment dans son intérieur.

§. DCCCLVI. Une preuve que la matiere électrique pénetre abondamment la substance du verre, est celle que voici. Si un homme, placé sur un pain de poix, est chargé d'électricité, & qu'il tienne à la main un tube de fer, & qu'un autre homme, placé sur le parquet, tienne d'une main un carreau de verre fortement échauffé; si le premier de ces deux hommes applique la main, qu'il a libre, sur le carreau de verre, & que l'autre approche la main, qu'il a pareillement libre, du tube de fer que l'autre tient, & qu'il en tire une étincelle : ils éprouveront l'un & l'autre une commotion très violente, par l'explosion de la matiere électrique, qui étoit accumulée dans le carreau de verre. Voici encore une autre preuve de cette même vérité.

Une glace de miroir, mise au teint d'un côté, & couverte de l'autre côté d'une estampe jusqu'à un pouce près de ses bords, étant placée sur la main de quelqu'un, & chargée ensuite d'électricité; si celui qui la tient retire cette glace de dessous le tube qui a servi à l'électriser, & que de son autre main il veuille toucher à l'estampe qui couvre la plus grande partie de la surface de cette glace, il recevra alors une forte commotion par l'étincelle qui s'échappera de l'endroit qu'il touchera.

On peut même charger cette glace si fortement, que si on place sur sa surface un morceau de talc, & qu'à l'aide d'un fil de fer, la matiere électrique puisse être conduite de la glace sur la surface supérieure du talc, à la partie opposée de laquelle est aussi placé un autre fil de fer qui puisse recevoir la matiere électrique; alors cette matiere, s'élançant du premier fil de fer au second, en glissant sur la surface du talc, laisse sur ce talc une marque sensible de sa course, par une tache cendrée, qui représente une courbe irréguliere, ainsi que l'a observé le P. *Beccaria* (1), (2).

(1) Lettre sur l'Electr. à M. Nollet, p. 15.

(2) J'ai été long-tems embarrassé pour concevoir l'expérience que je viens de traduire littéralement. J'ai tenté de la répéter, & même plusieurs fois, mais toujours sans succès; ce qui m'a obligé à avoir recours à la citation; mais ne sachant point l'Italien, je me suis servi de la Traduction, qui m'a paru d'autant plus juste, que l'expérience m'a très bien

§. DCCCLVII. Les écoulemens électriques, non seulement enveloppent & font une atmosphere aux corps qu'on électrise, mais ils pénetrent encore ces corps, & se jettent dans leurs substances, à l'aide des pores qui y sont disséminés. Je n'oserois cependant pas assurer qu'ils pénetrent la flamme; car on n'a point encore découvert aucun signe d'électricité dans l'intérieur de la flamme, quoiqu'il soit bien constaté que les écoulemens électriques l'entourent de toutes parts, que la compression qu'ils lui font éprouver l'allonge; ou que le suif & la cire s'en consume plus promptement. Quant aux corps solides, il est constant que le fluide électrique les pénetre: j'en prends pour exemple le verre. Si on suspend un duvet à l'extrêmité d'un fil de lin; ou qu'on le place sur la pointe d'un petit baton, & qu'on couvre le tout d'un récipient de verre; si on frotte après cela un tube de verre, & qu'on l'approche même à quelques pouces de distance de ce récipient, la matiere électrique qui s'échappe du tube, se jette dans la substance du récipient, la pénetre, & porte son action contre le duvet, ses petits filamens se redressent; & si le duvet est suspendu librement, il s'approche des parois du récipient. Si on couvre le récipient d'un autre qui soit plus grand, & celui-ci d'un troisieme, & ainsi de suite, jusqu'à six, & qu'on approche le tube de la surface de ce dernier, la matiere électrique pénétrera tous les récipiens, & excitera du mouvement dans le duvet. Si on met dans un vase de verre des rognures de petites feuilles de métal, & qu'on ferme ce vase avec un couvercle de même matiere; ces rognures feront mises en mouvement à l'approche d'un tube de verre frotté. L'Abbé *Nollet* a aussi prouvé la même chose par plusieurs autres expériences (1). Il n'est pas moins constant que les écoulemens électriques pénetrent tout autre corps quelconque. Un duvet, situé sur la pointe d'un bâton placé dans un récipient, dont on ferme l'ouverture avec différens couvercles faits de toutes sortes de bois, de papier, de linge, de cuir, de parchemin, de laine, de différens métaux, de toutes sortes de pierres, de briques, de porcelaines, de glace; ce duvet, dis-je, est mis

réussi, & qu'elle est très conforme à la Théorie de *Franklin*, que le P. *Beccaria* a dessein d'établir. Pour ôter toute obscurité, & pour mettre en même-tems le Lecteur en état de répéter aisément l'expérience dont il s'agit, j'ai cru devoir copier ici l'exposition du Traducteur du P. *Beccaria*.

» Je place 1°. sur le cadre de *Franklin* (c'est-à-dire, sur la glace dont parle notre Au-
» teur), une feuille de talc . . . qui soit bien nette, seche & unie, mais point garnie; je
» la comprime sur le cadre avec une extrêmité de l'arc conducteur » (fil de fer courbé, qu'on peut porter librement d'un côté du cadre à l'autre; de façon qu'il puisse toucher, lorsqu'on le juge à propos, les deux surfaces du cadre), » & je tiens l'autre extrêmité de cet
» arc appliquée contre la surface opposée du cadre; celui-ci se charge très bien, quoiqu'une
» extrêmité de l'arc touche sa surface, & que l'autre extrêmité ne soit éloignée de l'autre
» surface, que par l'interposition du talc. J'éloigne du talc l'extrêmité de l'arc . . . & je
» l'approche ensuite vers le bord du talc, l'étincelle sort immédiatement du cadre, & fait
» voir le chemin qu'elle fait en s'élançant des points du cadre qui sont aux extrêmités du
» talc: elle court sur sa surface supérieure, & vient se plonger dans l'arc conducteur . . .
» pour l'ordinaire du bord du talc sur la surface, jusques vers l'extrêmité de l'arc dans le-
» quel elle (l'étincelle) se plonge; elle laisse une tache étroite de couleur cendrée, la-
» quelle le plus souvent est une courbe irréguliere. Pag. 13. 14. 15.

(1) Lettr. sur l'Electr. Lettr. 4.

en mouvement par la matiere électrique d'un tube frotté, qu'on pose sur tous les différens couvercles dont nous venons de parler.

Pour prouver d'une maniere convaincante que la matiere électrique pénetre la substance intérieure des métaux, j'ai entouré une barre de fer de 6 pieds de longueur, par le moyen d'un cylindre de poix de 3 ½ pieds de longueur, & de 4 pouces de diametre : or comme nous avons prouvé, par d'autres expériences, que les écoulemens électriques ne pénétroient point la poix à plus de 3 ou 4 pouces de profondeur ; j'ai communiqué l'électricité à une des extrêmités de cette barre, & elle a produit, au bout opposé, des effets aussi considérables que si elle n'avoit point été enveloppée de poix jusqu'à la moitié de sa longueur. Outre cela, j'ai fait traverser une tablette de poix, dont le diametre étoit de 3 ½ pieds, sur 4 pouces d'épaisseur, par une barre de fer, semblable à celle dont je viens de parler ; j'ai même eu soin que l'épaisseur de la poix fût plus considérable dans les endroits que la barre de fer traversoit, & qu'elle fût bien adaptée contre cette barre : j'ai ensuite communiqué l'électricité à une des extrêmités de cette barre, & elle s'est manifestée aussi-tôt à l'extrêmité opposée. Peu importe qu'on se serve, dans cette occasion, d'une barre de fer, de cuivre, de plomb, ou d'étain. J'ai fait plus, j'ai enveloppé une barre de fer d'un cylindre de cire rouge à cacheter, dont le diametre étoit d'un pied, & l'épaisseur de six pouces : si tôt que l'électricité étoit communiquée à une des extrêmités de la barre de fer, elle se manifestoit aussi tôt à l'extrêmité opposée ; d'où il suit manifestement, que les écoulemens électriques parcourent aisément la substance de ces corps : or comme ces corps sont d'une grande densité, il ne doit pas paroître étonnant que ces mêmes écoulemens parcourent si rapidement ceux dont la texture est plus rare ; comme les étoffes, les linges, & tous les vêtemens qui sont faits de ces sortes de matieres, ainsi que peut l'éprouver un homme qui, étant monté sur un pain de poix, ou de résine, se fait électriser. En effet, si quelqu'autre approche le doigt de celui qui est électrisé, il tirera une étincelle de toutes les parties de ses vêtemens ; cette étincelle fera du bruit par son irruption : elle sera même douloureuse, & elle blessera la peau.

L'électricité pénetre également les fluides : en effet, si on creuse sur une planche de métal une petite cavité en l'emboutissant, & qu'après avoir rempli cette cavité d'eau ou de mercure ; on place cette platine sur l'orifice d'un récipient, l'électricité d'un tube frotté qu'on approchera de la surface de cette eau, la pénétrera & mettra en mouvement des corps légers qu'on aura placés auparavant dans le récipient. L'Electricité peut encore pénétrer une plus grande quantité d'eau, & se porter à une plus grande distance ; si on prend un tube de verre de six pieds de longueur, & recourbé en forme de syphon, & qu'après avoir rempli d'eau exactement les deux branches de ce tube, on le bouche de part & d'autre avec des morceaux de liege, traversés par des fils de fer : alors si on communique de l'électricité à l'un de ces fils de fer, la matiere électrique parcourra la longueur du tube, en laissant voir une petite lumiere qui suivra la masse d'eau, & on pourra aussi-tôt tirer des étincelles de l'autre fil de fer qui traverse le second bouchon de liege. On remarque le même phénomene lorsqu'on remplit d'eau un parallélipipede de 3 pieds de longueur, sur 6 pouces de profondeur, & qu'après avoir inféré à

chacune de ses extrêmités un fil de fer qui touche l'eau, on communique la vertu électrique à l'un de ces deux fils ; elle se manifeste aussi-tôt au fil opposé. M. *Jallabert* (1), *le Monnier* (2), *Watkins* (3), ont prouvé la même chose par plusieurs autres expériences : d'où on peut conclure que les corps qui ne sont point *idioélectriques* sont pénétrés par les écoulemens électriques, quelqu'épais, longs & denses que soient ces corps.

§. DCCCLVIII. Les corps qui sont *idioélectriques* reçoivent très peu d'électricité par communication, & sont plus difficilement pénétrés; les écoulemens électriques ne peuvent pénétrer ces corps qu'autant qu'ils sont moins épais : il y en a qui ne sont pénétrables qu'à la profondeur de 3 ou 4 pouces; d'autres qui peuvent être pénétrés jusqu'à la profondeur d'un pied. En général plus ils sont fortement *idioélectriques*, & plus ils sont difficilement pénétrés. Une couverture, par exemple, de soie bien seche, peut être pénétrée par le fluide électrique; mais si elle a 3 à 4 pouces d'épaisseur, elle ne pourra point être pénétrée. Un plateau de cire à cacheter, épais d'un pouce, donne passage à la matiere électrique; mais il s'oppose efficacement à son passage, s'il y a 4 pouces d'épaisseur : il en est de même d'un plateau de soufre, de colophone, de poix, &c; mais les écoulemens électriques pénetrent le verre le plus épais. L'Abbé *Nollet* a prouvé cette vérité d'une autre maniere, en prenant un récipient de verre presque cylindrique, ouvert des deux côtés, & de l'espece de ceux dont on fait usage pour les expériences de la machine pneumatique; il attacha au col de ce récipient, avec de bon mastic, une bouteille de verre, de façon que l'air ne pût point s'insinuer dans le récipient par le col où étoit adaptée la bouteille : il plaça alors cet appareil sur la platine de la machine pneumatique, & il fit le vuide sous le récipient; après cela il versa de l'eau dans la fiole, & y adapta un fil de fer conducteur qu'il suspendit à un canon de fer, auquel il communiqua la vertu électrique : la matiere électrique, coulant le long de ce canon, suivit le fil de fer qui y étoit suspendu, se précipita dans l'eau de la fiole, & de-là sous le récipient, en traversant la fiole; mais elle s'élançoit continuellement par différentes parties de cette fiole : lorsqu'on tiroit avec la main une étincelle du canon de fer, alors tout l'intérieur de la fiole paroissoit lumineux, & des flammes brillantes paroissoient entrer par le col de la fiole, & par celui du récipient (4). Il arrive quelquefois que la fiole se fend par la grande quantité de matiere électrique dont elle est surchargée; mais elle ne se rompt jamais en plusieurs fragmens : & lorsque cet effet arrive, le récipient paroît rempli d'une lumiere très éclatante. J'ai souvent rendu électriques, d'un bout à l'autre, & pendant long-tems, des tubes de barometres, longs de 8 pieds, que j'avois fait sceller hermétiquement à la Verrerie, qui étoient extrêmement propres & nets au-dehors, & que j'avois placés sur des fils de soie.

Si on ferme un récipient de verre qui est ouvert avec un couvercle d'un pouce & plus d'épaisseur, fait de cire, de poix, de cire à cacheter, de colophone, &c; la matiere électrique ne pourra se faire jour à travers ce cou-

(1) Sur l'Electr. Chap. 3. §. 66. (2) Philos. Trans. n°. 481. p. 292. (3) Pag. 52. Exper. 33. (4) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1753.

vercle qu'avec beaucoup de peine : & elle ne pourra point communiquer un mouvement bien ſenſible à une plume renfermée ſous ce récipient, la matiere électrique, dont ces différens couvercles ſurabondent, s'oppoſant au paſſage de celle qui s'échappe du tube frotté. Pareillement l'électricité d'une *tourmaline* ne peut pas pénétrer les corps *idioélectriques*. Cependant ſi on bouche le récipient, dont nous venons de parler, avec une étoffe de ſoie, ou avec les couvercles dont nous avons fait mention ci-deſſus, & qu'on les mouille avec de l'eau; alors la matiere électrique pourra les pénétrer : or comme cette eau ne pénetre point la cire, ou la poix, &c, on ne peut pas dire qu'elle change la diſpoſition des pores de ces corps; néanmoins ces corps, qui n'étoient point pénétrables auparavant, le deviennent lorſqu'ils ſont mouillés. Pourroit-on donc dire que la matiere électrique que la cire, ou la poix, contenoit, ſoit diſſipée par l'eau qui mouille ces ſubſtances, de maniere que la vertu électrique de ces corps s'évanouit, & que, par ce moyen, la matiere électrique qui y aborde, ne trouvant aucune réſiſtance, les pénetre aiſément ? C'eſt pour cette même raiſon que les bois qui ſont verds, & conſéquemment qui ſont remplis d'humidité, ſont de meilleurs conducteurs de la matiere électrique, que ceux qui ſont ſecs.

§. DCCCLIX. Puiſque les écoulemens électriques pénetrent aiſément à travers les pores des ſubſtances les plus compactes, on peut dire que ces écoulemens ſont compoſés de particules très ſubtiles, & plus ténues que celles de l'air, & de tout autre fluide qui ſoit ſoumis à nos opérations; puiſque les molécules de ces derniers n'ont point un libre accès à travers les pores du verre & des métaux : & que bien plus, il paroît que les écoulemens électriques pénetrent très aiſément les métaux, ou au moins les pénetrent plus aiſément, & plus abondamment que les ſubſtances végétales & animales; ainſi que *Waſton* l'a obſervé : ce qu'on ne doit pas rapporter à la grandeur, ou à la multitude des pores, puiſqu'ils ſont plus ouverts & en plus grande quantité dans les ſubſtances végétales, que dans les ſubſtances métalliques; mais plutôt à ce que la matiere électrique eſt diſſéminée en moindre quantité dans les métaux; & que par conſéquent celle qui y aborde, & qui vient du dehors, éprouve une moindre réſiſtance que celle qu'elle a à éprouver lorſqu'elle veut pénétrer d'autres ſubſtances qui en contiennent une plus grande quantité : ce qu'on peut confirmer par l'expérience ſuivante. Si un homme, placé ſur le parquet, tient en main une fiole chargée d'électricité; & qu'un autre homme, placé ſur le même parquet, approche un de ſes doigts à ſix pouces de diſtance du fil de fer conducteur de cette fiole, il n'en tirera aucune étincelle : mais ſi ces deux hommes ſont placés ſur un fil de fer appuyé ſur le même parquet; alors celui qui approche le doigt à la même diſtance que précédemment du fil de fer conducteur, tirera une étincelle de ce fil.

§. DCCCLX. Les écoulemens électriques qu'on excite en frottant les corps *idioélectriques*, & qui ſe répandent ſur les corps qui ne ſont point électriques par eux-mêmes, tels que ſont des fils de métal, des cordes, &c, les parcourent entierement, lors même qu'ils auroient un mille d'Allemagne de longueur (1), ou 12276 pieds : & perſonne même ne peut aſſigner des bornes

(1) Windlerus à Strotrewagen in tenta. Electr. p. 6.

à la longueur de l'espace que peut parcourir la matiere électrique; & elle parcourt avec tant de rapidité les distances dont nous venons de parler, que, selon l'observation de *Waston* (1), & de *le Monnier* (2), il n'est pas possible d'assigner un instant sensible, qu'elle soit obligée d'employer pour faire un si grand trajet : ce qu'il y a de constant, c'est qu'elle n'emploie pas $\frac{1}{4}$ de seconde à parcourir la longueur d'un fil de fer de 950 toises, quoique ce fil soit placé sur des terres labourées, dans des moissons, &c; observation que j'ai faite moi-même. La rapidité avec laquelle ce fluide se transmet, n'est pas sans exemple; puisque la lumiere parcourt dans le ciel, pendant l'espace d'une seconde, environ 1000,000,000 de pieds. Je doute néanmoins que l'activité du fluide électrique soit constamment la même; puisqu'en différentes années, lorsque le tems étoit peu favorable aux expériences sur l'électricité, j'ai observé que le cours de la matiere électrique étoit plus lent de deux & même de trois secondes. On a observé outre cela que la matiere électrique parcouroit plus avantageusement un fil de fer qu'une chaîne de même métal; puisque l'étincelle qu'on tire à l'extrêmité d'un fil de fer, est plus forte que celle qu'on tire à l'extrêmité de la chaîne. La vertu de la *tourmaline* se répand ainsi que la matiere électrique; elle parcourt un fil de fer suspendu vers son milieu à un bâton de cire à cacheter, ou soutenu sur deux cylindres de verre.

§. DCCCLXI. Toutes ces observations prouvent que les écoulemens électriques sont non-seulement très subtils, mais encore doués d'un mouvement très rapide, & qu'ils sont par conséquent très fluides. 2°. Elles prouvent encore qu'ils sont poussés avec beaucoup de forces par les corps *idioélectriques*; puisque, sans cela, il ne leur seroit pas possible de parcourir si rapidement un espace de 12276 pieds.

§. DCCCLXII. La rapidité de leurs mouvemens étant connue, on comprend aisément pour quelle raison ces écoulemens, étant excités en petite quantité dans les corps *idioélectriques*, & étant portés de-là sur des corps non-électriques par eux-mêmes, qui ne sont point isolés, & par conséquent qui ne peuvent point retenir les écoulemens qu'on leur envoie; on comprend, dis-je, aisément pour quelle raison ils se dissipent aussi-tôt, en se communiquant aux corps circonvoisins : de sorte que les corps *sympériélectriques* qui les ont reçus, ne donnent aucunes marques d'attractions, de répulsions, ou d'électricité. C'est aussi pour cela que nous avons soin de poser sur de la soie, sur du verre, de la cire, de la poix, du soufre, de la cire fondue avec de la colophone, &c, tous les corps *sympériélectriques* que nous voulons électriser; parceque tous ces supports que nous venons de nommer, sont fortement *idioélectriques* : par conséquent les corps qui sont posés dessus sont isolés, & conservent la matiere électrique qu'on leur communique. On observe néanmoins que, lorsqu'on se sert de corps qui sont puissamment *idioélectriques*, & qu'on excite fortement la matiere électrique à s'échapper de ces corps, & en grande quantité; on observe, dis je, que dans ce cas, quoique les corps *sympériélectriques* auxquels on communique

(1) An account of the Experiments, pag. 31. & 47. Philos. Trans. n°. 489.
(2) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1746. Philos. Trans. n°. 481, p. 294.

cette matiere, ne soient point isolés, elle ne se dissipe pas si promptement, & qu'ils peuvent encore donner quelque signe de l'électricité qu'on leur a communiquée : comme il paroît manifestement lorsqu'on fait ces expériences, avec un très gros globe de verre, dans un tems très sec & très favorable à l'électricité, ou lorsqu'on accumule cette matiere dans une fiole en partie remplie d'eau, ainsi qu'il paroîtra plus clairement par ce que nous dirons ci-dessous.

Mais lorsqu'un corps, non électrique par lui même, est appuyé sur un corps *idioélectrique*, & qu'il est isolé, quelque foible que soit la matiere électrique qu'on lui communique, il la conserve quelque tems; parceque le corps *idioélectrique*, avec lequel le premier communique, s'oppose à la dissipation de cette matiere, & elle se manifeste par des attractions, des répulsions, ou par de petites étincelles qu'elle fournit, ainsi qu'il paroît manifestement lorsqu'on électrise un homme qui est monté sur un chassis de soie, ou sur un pain de poix, de cire, de soufre, &c.

§. DCCCLXIII. On peut exciter les écoulemens électriques à s'étendre au-delà des bornes qui les circonscrivent pour l'ordinaire autour des corps électrisés; il ne faut pour cela qu'éloigner insensiblement du conducteur le corps auquel il communique la vertu électrique. Nous devons au célebre *Jallabert* une preuve très sensible de cette vérité : il observa que la matiere électrique que fournissoit un canon de fer, dans la capacité vuide d'un tube de barometre, ne s'étendoit point à la distance de 4 ou 5 pieds; mais que si ce tube étoit éloigné du canon de fer à la distance de 2 ou 3 pouces, il passoit dans l'intérieur de ce tube une lumiere brillante : & qu'en éloignant insensiblement ce tube du conducteur, la lumiere continuoit à briller dans le tube, & souvent même jusqu'à la distance de 4 ou 5 pieds (1).

§. DCCCLXIV. Les cordes, les fils, les corps métalliques, en un mot tous les corps auxquels on communique la vertu électrique, par le moyen des corps *idioélectriques*; tous ces corps, dis-je, sont enveloppés d'écoulemens électriques, qui forment autour d'eux une atmosphere d'un, de deux, & souvent même de plusieurs pieds de diametre, dans toute l'étendue duquel on observe des signes manifestes d'attractions & de répulsions. Ces écoulemens sont sensibles au tact, lorsqu'on s'approche très près des corps qu'ils enveloppent : d'où il suit qu'un corps *idioélectrique* qu'on frotte, doit lancer & recueillir une prodigieuse quantité d'écoulemens; puisqu'on ne peut pas encore donner des bornes à l'étendue des écoulemens que fournit un globe de verre, & qui se répandent sur des cordes, ou des fils de métal, qui communiquent avec ce globe.

L'atmosphere qui entoure les corps *idioélectriques*, ou *sympériélectriques*, est produite par des écoulemens qui forment des lignes convergentes & divergentes, ainsi que les rayons d'un cercle [*Tab.* 22. *fig.* 2.], à proportion qu'ils s'éloignent du corps électrique, ou électrisé; mais qui n'ont rien de commun avec l'idée qu'on se forme d'un tourbillon circulaire. En effet, des fils de lin suspendus à la circonférence intérieure d'un cerceau, par le centre duquel on fait passer un corps chargé d'électricité, sont attirés

(1) Sur l'Electr. §. 104. p. 65.

autour de ce centre, & y font portés fous la forme de rayons convergens; comme l'obferva autrefois *Hauxbée*, & après lui *Jallabert* (1). Ces fils, étant repouffés par le corps électrique, s'ils font abandonnés à eux-mêmes, ils obéiffent alors à deux déterminations; favoir, à la force projectile & à l'effort de leur gravité : & c'eft pour cela que les corps qui ont une certaine étendue, ou une figure peu propre à fendre l'air, s'éloignent des corps électriques, & tombent en décrivant des courbes. Il arrive néanmoins quelquefois que les écoulemens électriques fe dirigent felon la longueur d'un tube de verre qu'on frotte intérieurement, ou extérieurement; puifqu'ils emportent les corps legers d'un endroit, pour les porter vers un autre endroit du tube, ainfi que l'a obfervé *Waits*, & qu'il l'a décrit (2).

§. DCCCLXV. L'atmofphere qui enveloppe les corps chargés d'électricité, eft plus denfe auprès de ces corps; & elle devient d'autant plus rare, qu'elle s'en éloigne davantage : on peut, fi on veut, détruire les parties les plus éloignées de cette atmofphere, & ne laiffer fubfifter que celles qui font les plus proches de ces corps. En effet, fi on fufpend à des cordons de foie un tube de fer blanc d'un diametre un peu confidérable, & qu'on porte à ce tube l'électricité d'un globe de verre, qui en foit éloigné de quelques pieds, & avec lequel néanmoins le tube communique par le moyen d'un fil de métal; lorfque ce tube fera fortement électrifé, fi on détache le fil de métal conducteur, l'électricité de ce tube ne fera point détruite pour cela : elle fubfiftera autour de ce tube; alors fi on en approche, à la diftance de deux pieds, une pointe de fer, on remarquera une aigrette lumineufe à l'extrêmité de cette pointe : lorfque cette aigrette ceffera de paroître, fi on approche la pointe davantage du tube, l'aigrette reparoîtra de nouveau; & on la rendra plufieurs fois fenfible, en approchant de plus en plus la pointe du tube (3).

La plus grande rapidité avec laquelle les corps font attirés à de plus petites diftances, qu'à de plus grandes, prouve la même vérité; & on peut encore s'en convaincre par l'impreffion que l'atmofphere électrique fait fur la main qui s'approche d'un corps électrifé, impreffion qui eft beaucoup plus forte près du corps, qu'à une plus grande diftance de ce corps.

§. DCCCLXVI. Les écoulemens électriques fe répandent fur des fils de métal froids, ainfi que fur ces mêmes fils lorfqu'on les a fait chauffer; cependant une trop grande chaleur nuit à l'électricité : elle la repouffe & l'enleve au corps électrique. En effet, fi on approche, à 5 à 6 pouces de diftance d'un tube de verre frotté, une barre de fer, chauffée au point de rougir & d'étinceler; ce tube ne conferve point fa vertu électrique au-delà de 2 ou 3 fecondes.

Lorfque la barre de fer ceffe d'étinceler, & que fa chaleur lui laiffe une couleur de cerife : on remarque encore le même effet : mais lorfque la chaleur de cette barre eft affoiblie, & que fa couleur eft d'un rouge brun, cette barre n'agit plus avec tant de violence contre le tube électrique & il arrive même que l'électricité de ce tube n'eft point totalement détruite dans l'efpace de 4 à 5 fecondes.

(1) Exper. fur l'Electr. ch. 9. §. 24. p. 14. (2) Abhandelung von der Electr. Tab. 3. fig. 4. (3) Philof. Tranf. Vol. 48. part. 2. p. 763.

Lorfque

Lorſque la barre de fer qu'on a approchée d'un tube frotté, n'eſt pas chauffée au point d'acquérir une couleur rouge rembrunie ; alors la chaleur ne fait aucun tort à la matiere électrique. Il ſuit de ces obſervations qu'il y a certains degrés de chaleur, ou certaine quantité de matiere ignée, laquelle, étant raſſemblée, nuit à l'électricité, ſoit en emportant avec elle les écoulemens électriques, ſoit en chaſſant cette matiere des corps électriques, en détruiſant ou en changeant le frémiſſement de leurs parties. Il ſuit encore des mêmes obſervations, qu'il y a auſſi certains degrés de chaleur qui n'apportent aucun changement, ni aucun détriment à la vertu électrique des corps ; par exemple, lorſqu'on expoſe aux rayons du ſoleil un miroir ardent de deux pieds de diametre, & qu'on place dans ces rayons raſſemblés un tube de verre électrique, dans l'endroit où le faiſceau de lumiere a un pouce de diametre, & où il produit une très grande chaleur; dans cette circonſtance le tube conſerve ſa vertu électrique. Peut-on inférer de ces expériences que les parties du métal qui étoient volatiliſées par la chaleur, dans les expériences précédentes, ont emporté avec elles les écoulemens électriques du tube de verre ; ce que les rayons purs du ſoleil, tombant directement contre le même tube, n'ont pu faire ?

§. DCCCLXVII. Les écoulemens électriques ne changent point de direction, & ne ſont point interrompus par le ſon des cloches qu'on électriſe, ni ces écoulemens ne changent en rien, n'augmentent ni ne diminuent le ſon que ces cloches, ſuſpendues à des chaînes propres à cet effet, rendent naturellement.

L'Electricité, communiquée à des cloches de différens tons, tels que ceux que les Muſiciens repréſentent par les lettres C, G, C, E, G, peut produire une harmonie fort gracieuſe. Il faut diſpoſer 4 de ces cloches en forme de couronne, au milieu deſquelles on ſuſpendra à un fil de ſoie la cinquieme, qui ſera la plus groſſe ; on attachera au crochet intérieur de cette cloche une petite chaîne de métal, qui communiquera avec le conducteur, & qui tranſportera à cette cloche l'électricité que le globe fournira : à la diſtance de 4 ou 5 lignes de cette cloche, on ſuſpendra à des fils de ſoie quatre marteaux de métal, diſpoſés de maniere qu'ils puiſſent frapper, & contre la cloche du milieu, & contre chacune des 4 cloches qui l'entourent : ces marteaux, étant ſuſpendus à des fils de ſoie, ne perdront point tout-à-coup la vertu électrique qu'on leur communiquera ; mais ils pourront la tranſmettre aux 4 cloches extérieures, leſquelles, étant ſuſpendues à des fils de métal, la diſſiperont auſſi-tôt, & en priveront les marteaux qui ſeront de nouveau attirés par la cloche du milieu, & y répandront, en la frappant, une nouvelle quantité de matiere électrique.

§. DCCCLXVIII. Quoique le tact paroiſſe nous indiquer que les écoulemens électriques ſe répandent ſur les corps *ſympériélectriques* ſous la forme d'un ſouffle léger, ni le vent, ni l'air agité par un ſoufflet, ne peut les diſſiper; de ſorte que l'air atmoſphérique ne paroît aucunement les troubler, quoique le vent ait coutume de cauſer un ébranlement aux rayons de la lumiere.

§. DCCCLXIX. Si des barres de métal, des fils de même matiere, des cordes de chanvre, ſont placés ſur des corps *idioélectriques*, & que tous ces

corps ne communiquent point les uns avec les autres ; mais qu'ils ne soient pas éloignés les uns des autres à une distance plus grande que le rayon de l'atmosphere qui les enveloppe, les écoulemens électriques passeront à travers les espaces qui sépareront ces corps, & ils deviendront tous électriques : mais ils le deviendront cependant d'autant moins, qu'ils seront plus éloignés les uns des autres, & conséquemment d'autant plus que leurs extrêmités seront plus rapprochées. Mais si la distance qui sépare ces corps est plus grande que le rayon de l'atmosphere qui les enveloppe, les écoulemens électriques ne passeront point d'un de ces corps à un autre ; parceque l'atmosphere qui enveloppe un corps électrisé, est bornée à ses extrêmités, de même qu'à ses parties latérales, quoiqu'il arrive quelquefois qu'elle s'étende plus au loin aux extrêmités d'un corps électrisé, qu'à ses parties latérales. Ainsi tout corps qui sera placé au delà de l'atmosphere d'un corps électrisé, ne recevra point de matiere électrique, & au contraire tout corps qui sera plongé dans cette atmosphere, pourra en recevoir une certaine quantité.

Puisque les écoulemens électriques qui passent à travers les espaces que laissent entr'eux les corps dont nous venons de parler, traversent une petite portion de l'atmosphere, sans se dissiper, il faut nécessairement que l'air soit naturellement électrique ; s'il en étoit autrement, nous ne pourrions jamais observer aucun phénomene électrique.

§. DCCCLXX. Non-seulement les écoulemens électriques, fournis par un corps électrique, s'étendent & parcourent la longueur d'une corde tendue en ligne droite ; mais ils se portent encore, dans le même tems, selon la longueur de plusieurs autres cordes divergentes, ou contournées en rond, ou disposées en forme de serpentaux, ou de toute autre maniere ; de sorte que, dès qu'ils ont commencé à s'étendre sur différens corps, ils continuent à parcourir l'étendue de ces corps, quelque figure qu'on leur donne.

Si on suspend horisontalement, par le moyen de plusieurs cordes lâches, & unies entr'elles par un nœud, un cerceau de l'espece de ceux dont on se sert pour joindre les différentes pieces des tonneaux, & qu'on attache le nœud à l'extrêmité d'un fil de soie, suspendu au plafond d'une chambre ; alors si on touche près du nœud, avec un tube de verre électrique, un des cordons qui tient le cerceau, l'électricité se communiquera aussi-tôt à tous les autres cordons, & à toute la circonférence du cerceau : car si on en approche, soit extérieurement, soit intérieurement, des corps légers ; ils seront aussi-tôt attirés : d'où il suit que l'électricité se distribue tout-à-la-fois circulairement, & selon des lignes droites.

Cette expérience donna origine à celle qui suit. On construit un anneau d'un fil de similor très délié, de 8 pouces de diametre, à la circonférence extérieure duquel on fixe trois petits stilets de cuivre, auxquels on attache, avec de la cire à cacheter, trois petits pieds, afin que l'anneau puisse être élevé de 4 lignes au-dessus d'une lame de cuivre MN [*Tab.* 21 *fig.* 6.], dont le diametre est plus grand que celui de l'anneau : on électrise cet anneau par le moyen de deux fils de métal attachés sur la partie supérieure de sa circonférence. Lorsqu'on lui a communiqué la vertu électrique, on place sur la plaque MN, à une très petite distance de l'anneau, une petite boule

de verre creuse, de 5 à 6 lignes de diametre : aussi-tôt cette petite boule est attirée vers les bords de l'anneau : elle tourne autour de sa circonférence en le touchant continuellement ; quelquefois elle suit, dans son mouvement, la direction A L K I : quelquefois elle prend la direction contraire A H I K L ; mais, de quelque côté qu'elle dirige son mouvement, elle tourne continuellement sur son axe. La matiere électrique qui enveloppe cet anneau, & qui s'élance, par des lignes droites, de tous les points de sa circonférence, est très abondante, & d'une grande densité dans tous les endroits contigus à tous les points de l'anneau ; mais elle est plus rare & plus foible à une distance quelconque de ces points : elle attire donc cette boule vers l'anneau, & elle lui communique le mouvement dont nous venons de parler. Supposons que les écoulemens de cette matiere se fassent selon la direction A L K I H : dans cette hypothese, la partie A de l'anneau communique son électricité à la partie X de la boule : or, comme cette boule est *idioélectrique*, l'électricité qu'elle reçoit ne se répand pas sur toute sa surface ; mais elle suit le chemin le plus court pour se jetter sur la lame M N, & elle y parvient sous la forme d'un petit sillon, qui seroit très sensible, & qui paroîtroit lumineux dans l'obscurité. La partie A de l'anneau, étant dépouillée par-là de sa matiere électrique, cette partie demeure dans l'inaction ; tandis que les autres parties B C D E G, chargées de l'électricité, agissent sur les parties x y z s t r du globe, & l'attirent néanmoins avec différentes forces, suivant qu'elles en sont plus ou moins éloignées. De cet effort suit nécessairement un mouvement composé de deux directions, dont l'une dirige la boule de A en H, & l'autre lui imprime un mouvement sur son axe ; & c'est pour cela que cette boule décrit la circonférence intérieure de cet anneau, en suivant un mouvement contraire à celui des écoulemens électriques ; c'est à dire, qu'elle se meut selon la direction A H I K L ; tandis que les écoulemens électriques se dirigent selon la courbe A L K I H. Pour m'assurer de ce fait, je pris un anneau tronqué, dont on avoit retranché la partie L A, longue de trois pouces ; je communiquai ensuite l'électricité à la partie L de cet anneau, dont l'écoulement suivoit nécessairement la direction L K I H A : je plaçai après cela la boule, dont nous venons de parler, à très peu de distance de la partie A de cet anneau, & il se mut aussi-tôt, en suivant la direction A H I K L. Je communiquai ensuite l'électricité à cet anneau par la partie A, & je plaçai le globe entre L & K ; l'électricité suivit alors la direction A H I K L, & l'anneau se mût en sens contraire, & décrivit la courbe L K I H A.

L'anneau étant dans son entier, si on lui communique de l'électricité par le moyen de deux fils de métal, attachés aux points opposés K & H de cet anneau, la boule, étant placée vers A, reste quelquefois immobile, les deux courans électriques la frappant aussi fortement l'un que l'autre, selon des direction opposées ; mais si l'un de ces courans devient supérieur à l'autre, la boule se mouvera aussi-tôt : d'où il suit que pour répéter cette expérience avec succès, il faut avoir soin de ne communiquer l'électricité à cet anneau que par un seul endroit. Il arrive quelquefois que, lorsqu'on lui communique l'électricité par le moyen de deux fils ; il arrive, dis-je, que l'écoulement de cette matiere, qui se porte contre la boule, est trop violent, & pour lors il part une forte étincelle, & la boule reste en repos ; parceque toute

l'électricité de l'anneau ſe trouve alors conſommée. Si les deux écoulemens qui abordent à l'anneau par le moyen de deux fils, ſont en équilibre entre-eux; pour que l'expérience réuſſiſſe, il ne s'agit que d'en détruire un des deux avec le doigt : auſſi tôt l'autre écoulement, devenant ſupérieur, choquera la boule efficacement, & la fera tourner.

Si on place les pieds de l'anneau dans ſa partie intérieure, c'eſt-à dire, contre ſa circonférence intérieure, le petit globe de verre ſe mouvera extérieurement, de la même maniere que nous venons de l'indiquer, & en vertu du même principe. Il faut avoir ſoin de tenir cet appareil très ſec; car dès qu'il eſt humide, il ne produit aucun effet.

§. DCCCLXXI. Les expériences ſuivantes nous démontrent que pluſieurs écoulemens électriques ſe portent vers les corps *idioélectriques* qu'on frotte. L'atmoſphere, à la vérité, ne fournit que très peu de ces écoulemens; mais il en ſort beaucoup de la terre & des corps qui ſe trouvent dans le voiſinage des corps *idioélectriques*.

1°. Les corps légers, abandonnés à eux-mêmes, ou ſuſpendus à des fils, & qui ſont attirés par les corps *idioélectriques*; tels, par exemple, que des pouſſieres, des fils légers, ainſi que les fluides renfermés dans des vaſes, vers la ſurface deſquels on approche un fil de métal électriſé, & qui s'élevent vers ce fil en forme de petite monticule: tous ces corps, dis-je, ſont portés & appliqués contre les corps *idioélectriques*, par les écoulemens électriques qui viennent ſe jetter dans ces corps.

2°. Si une balance, ſuſpendue au plancher par le moyen d'un fil de métal, eſt placée de maniere qu'un de ſes baſſins ſoit ſitué au deſſus d'un corps *idioélectrique*, dont on a excité la vertu électrique, ou au-deſſus d'un corps *ſympériélectrique*, auquel on a communiqué de l'électricité; alors ce baſſin ſera porté avec force ſur le corps qui eſt au-deſſous: la matiere électrique qui s'échappe du plancher & du fil de métal agiſſant contre ce baſſin, & le pouſſant contre le corps électrique qui lui répond. Mais ſi la même balance eſt attachée à un cordon de ſoie, ſon baſſin demeurera preſqu'en repos, & il ne ſera que très foiblement pouſſé vers le corps électrique qui eſt au-deſſous; parceque le cordon de ſoie s'oppoſera à l'écoulement du fluide électrique que le plafond fourniroit à la balance, & de là au baſſin.

3°. Voici encore une preuve certaine de la même vérité. La machine de rotation dont on ſe ſert pour exciter la vertu électrique d'un globe de verre, étant placée ſur la terre, ſur du parquet, ſur des pierres, &c, ramaſſe & fournit au globe & au tube de fer une plus grande quantité de matiere électrique, que lorſqu'elle eſt ſuſpendue à des cordons de ſoie, ainſi que celui qui met cette machine en mouvement (1); ou que lorſqu'elle eſt placée ſur des corps *idioèlectriques* d'une grande épaiſſeur; parceque ces corps s'oppoſent à la tranſmiſſion des écoulemens électriques qui s'élevent de la terre; de ſorte que, dans ce cas, on ne peut exciter & mettre en mouvement que la ſeule matiere électrique de la machine entiere, & de celui qui la fait travailler. C'eſt auſſi pour cette raiſon que ſi celui qui eſt appliqué à cette machine touche la terre d'un pied ſeulement; alors il ſert de conducteur à la

(1) Philoſ. Tranſ. v. 48. p. 347.

matiere électrique qui s'échappe de la terre, & qui se porte, par son moyen, jusqu'au globe.

4°. Si on attache au tube de fer qu'on électrise une longue chaîne de même matiere, suspendue à des corps *idioélectriques*; alors les étincelles qu'on tirera, seront beaucoup plus fortes : & on observera encore que les attractions des corps légers deviendront plus véhémentes ; ce qui prouve que les écoulemens électriques, passant de l'air dans la chaîne, & de celle-ci dans le tube, seront plus abondans.

§. DCCCLXXII. Les expériences suivantes prouvent qu'il s'échappe des écoulemens électriques des corps *idioélectriques* qu'on frotte.

1°. Les répulsions des corps légers, lorsqu'ils sont plongés dans la sphere d'activité des corps *idioélectriques*.

2°. Les aigrettes lumineuses qu'on remarque aux pointes des corps *sympériélectriques*, & qui y paroissent sous la forme de petits cônes, dont la pointe est adhérente aux extrêmités de ces corps, & dont les rayons sont d'autant plus divergens & plus rares, que ces aigrettes s'étendent davantage. L'expension des petits filamens d'un duvet, qui s'éloignent tous les uns des autres, lorsque ce duvet est attaché à l'extrêmité d'un bâton, qu'on enfonce dans la cavité d'un tube électrisé. Les bourgeons de certaines semences, qui s'épanouissent & se développent si-tôt qu'on les électrise : toutes ces observations constatent la même chose.

3°. Certaines étincelles qui s'éparpillent, & qui se jettent sur des corps éloignés; ainsi qu'on l'observe dans certaines circonstances.

4°. Des liqueurs qui sont imprégnées de ces écoulemens, qu'elles ne contenoient aucunement auparavant, & qui les conservent pendant plusieurs heures.

5°. L'inflammation de quelques liqueurs inflammables, & de quelques autres substances auxquelles on communique la vertu électrique.

6°. Enfin une preuve encore bien convaincante que les corps *idioélectriques* fournissent des écoulemens électriques lorsqu'on les frotte; c'est que l'étincelle qu'on tire à l'extrêmité d'une chaîne de métal suspendue à des cordons de soie, & qui est attachée au tube de fer qui communique avec le globe, est beaucoup plus forte que celle qu'on tire à l'extrêmité du tube, lorsqu'il ne communique point avec la chaîne.

§. DCCCLXXIII. Plusieurs expériences prouvent outre cela l'affluence & l'effluence simultanée des écoulemens électriques.

1°. Si on électrise un tube de métal, suspendu à des cordons de soie, & qu'on place dans la sphere d'activité de ce tube, à la distance de quelques pieds l'un de l'autre, deux duvets suspendus à des fils, ou attachés sur la pointe de deux petits bâtons ; alors si on place le doigt dans la distance qui sépare ces deux duvets, & qu'on l'approche assez près du tube pour en tirer une étincelle, on remarque aussi-tôt que ces duvets sont agités en même-tems, l'un par la matiere affluente, & l'autre par la matiere effluente.

2°. Si on place sur des cordons de soie une lame de fer, sur l'extrêmité de laquelle on a répandu de la rapure de bois, ou de tabac, & qu'à la distance d'un pouce au-dessous de cette lame, on tienne une cuiller, dans laquelle on aura mis pareillement de la rapure de bois, ou de tabac ; & qu'un

homme, ayant saisi avec la main la lame de fer, on électrise cette lame: l'électricité qu'on lui communique est dissipée par l'homme qui tient la lame; mais aussi tôt qu'il abandonne cette lame, la matiere effluente qui s'en échappe, emporte avec elle la rapure de bois ou de tabac qui repose dessus, & celle qui est dans la cuiller se portera aussi-tôt, avec la matiere affluente, contre la lame de fer.

Par conséquent l'atmosphere des écoulemens électriques, qui enveloppe les corps électrisés, est composée non-seulement de la matiere effluente qui s'échappe de ces corps, mais encore de la matiere affluente qui s'y porte, & qui ne se font aucun obstacle, quoique ces deux matieres se meuvent en sens contraire; ce qui prouve, & la grande rareté de ces écoulemens, & en même-tems qu'il y a des endroits sur ces corps par où la matiere s'échappe, & d'autres par où elle pénetre dans ces corps. Les aigrettes lumineuses démontrent manifestement que la matiere effluente s'échappe principalement par les extrêmités des corps électrisés, & par leurs parties anguleuses, & les fils de lin, ainsi que les corps légers, qui sont, pour l'ordinaire, attirés par les côtés & les surfaces planes de ces corps, tandis qu'ils sont repoussés par leurs extrêmités, prouvent aussi que la matiere affluente aborde & pénetre ces corps par leurs surfaces planes. Le célebre Abbé *Nollet* a donné une explication très curieuse, & a dépeint, d'une maniere très satisfaisante, ces écoulemens simultanés de la matiere affluente & effluente (1). Il arrive quelquefois cependant que la matiere électrique afflue plus abondamment à l'extrêmité d'un corps, & qu'elle porte avec elle d'autres corps vers cette extrêmité; d'autres fois il arrive que la matiere effluente s'échappe avec plus d'activité de l'extrêmité d'un corps électrisé, & qu'elle en repousse les corps qu'elle rencontre sur son passage : mais ces différences dépendent, en grande partie, de la figure des corps qui se présentent les uns aux autres. Voici une expérience rapportée par M. l'Abbé *Nollet*, qui prouve cette vérité.

» On met en équilibre, sur un pivot, une petite verge de bois, qui peut » avoir 15 à 16 pouces de longueur, pointue par un bout, & armée par » l'autre d'une petite boule de bois d'un pouce de diametre ou environ; on » met cet instrument, ainsi préparé, à portée d'un homme qu'on électrise, » & qui tient en sa main un morceau de bois tourné, gros & arrondi par un » bout, comme une demi-boule d'un pouce de diametre: si cet homme » présente ce morceau de bois par le gros bout, à la boule de l'aiguille, le » plus souvent cette boule est repoussée; mais il attire presque toujours, s'il » présente le morceau de bois par la pointe », la matiere affluente étant en plus grande quantité que la matiere effluente ». On voit le contraire si on fait » l'expérience par l'autre côté de l'aiguille: le morceau de bois électrisé & » présenté par le gros bout, l'attire; & si c'est la pointe du morceau de bois » que l'on présente, il est fort ordinaire que l'aiguille soit repoussée (2) ». Il vaut beaucoup mieux construire cet appareil en cuivre qu'en bois.

Cette expérience a donné lieu à plusieurs autres, sur lesquelles elle a répandu quelques lumieres. Si on place sur un support de poix une fiole qui

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1745. planch. 3. fig. 9. (2) Recherches sur l'Electricit. p. 312.

ne ſoit point revêtue extérieurement, mais dans laquelle on a mis de l'eau & un fil de fer qui excede le col de cette fiole, & qu'on la charge enſuite fortement d'électricité, par le moyen d'un globe de verre : lorſque cette fiole eſt chargée, ſi quelqu'un touche, avec un doigt ſeulement, le ventre de cette fiole, & que de l'autre main il eſſaie, avec le doigt, à tirer une étincelle du fil de fer; cette étincelle ſera foible & légere : mais s'il touche le ventre de la même fiole avec deux doigts de la main gauche, par exemple, & qu'avec un des doigts de ſa main droite, il tire une étincelle du fil de fer; celle-ci ſera plus forte que la précédente : s'il touche le ventre de la fiole avec 3 doigts, & qu'il tire une étincelle du fil de fel ; elle ſera encore plus forte : enfin s'il touche le ventre de la fiole avec les 4 doigts & le pouce de l'une de ſes mains, & qu'avec un des doigts de ſon autre main il tire une étincelle, il recevra une commotion très forte : d'où il ſuit que plus la ſurface de la fiole qu'il touchera ſera grande, & plus ſera grande la quantité de matiere électrique, qui fera effort pour traverſer les parois du verre.

Outre cela, la maniere dont les corps légers, tels que les plumes & les petites feuilles d'or, ſont portés vers les tubes de verre frottés, ou vers les globes de verre qu'on frotte, en les faiſant tourner rapidement ſur leurs axes, ſont encore une preuve des affluences & des effluences électriques : ces petits corps ne ſe portent jamais vers les corps électriſés par des ſurfaces larges, mais toujours par leurs tranchans, ou par leurs pointes, & ils s'en éloignent de même. Or lorſque les écoulemens électriques qui ſe portent du dehors contre les corps électriſés, portent avec eux, vers ces corps, de petites feuilles de métal ; ces feuilles rencontrent ſur leur paſſage la matiere effluente qui s'échappe des corps électriques : ces effluences, s'oppoſant à ce que ces feuilles puiſſent s'approcher du corps électrique par leurs ſurfaces larges ; elles ſont obligées, pour continuer leur route, de faire une révolution ſur elles-mêmes, & de préſenter leur tranchant, afin qu'elles puiſſent s'inſinuer entre les rayons divergens des écoulemens de la matiere effluente : par la même raiſon elles ſont repouſſées de la même maniere, afin qu'elles puiſſent librement paſſer entre les rayons des écoulemens de la matiere affluente ; car s'il n'y avoit pas une matiere qui vînt du dehors ſe porter vers les corps électriques, ces petites feuilles pourroient s'éloigner de ces corps auſſi-bien en préſentant leurs ſurfaces larges, qu'en préſentant leur tranchant. On prouve encore très bien, par l'expérience ſuivante, les effluences & les affluences ſimultanées de la matiere électrique.

Si on établit ſur un pied un cerceau de métal A B [*Tab.* 22. *fig.* 2.], garni dans ſa circonférence intérieure, de fils de lin de 3 pouces de longueur, & qu'on faſſe paſſer, par le centre de ce cerceau, un tube de métal, ſuſpendu à des cordons de ſoie, & garni pareillement, ſur ſa circonférence, de fils de lin : les choſes, étant ainſi diſpoſées, ſi on électriſe le tube D E, les fils qui ſont placés ſur la circonférence de ce tube, s'écartent du centre en forme de rayons divergens, par l'effort de la matiere effluente ; & ceux qui ſont placés ſur la circonférence intérieure du cerceau, ſe dirigent tous vers le centre du tube, par rapport à la matiere affluente qui s'y porte : & ſi les fils du cerceau & ceux du tube ſont aſſez longs pour ſe toucher, ils ſe joignent

ensemble deux à deux, & ceux qui sont trop courts, se disposent de maniere qu'ils paroissent faire effort pour se réunir : d'où il paroît que les écoulemens électriques ont des affluences & des effluences simultanées (1).

Si, par le moyen d'un globe qu'on frotte, on électrise une lame de fer, on remarquera à ses deux extrêmités des aigrettes lumineuses, qui prouvent que la matiere électrique s'échappe par les deux extrêmités de cette lame.

Outre cela, si deux hommes sont isolés sur des pains de résine, ou au moins si l'un des deux est monté sur un pain de résine; & qu'étant électrisé, il tende le doigt à l'autre, qui en approche lentement un des siens, il se fait une explosion, & l'un & l'autre ressentent au bout du doigt une commotion qui se communique jusqu'àleurs mains, leurs bras, & même leur poitrine; car ils sont également frappés tous les deux.

Autant il s'échappe de matiere électrique de l'un de ces deux hommes, autant l'autre en reçoit, jusqu'à ce que cette matiere soit en équilibre entre-eux deux. Dans cette hypothese, quoique le globe électrique cesse de leur communiquer de l'électricité, ils en ont néanmoins l'un & l'autre plus que leur quantité naturelle ; & c'est pour cela que s'ils touchent à un troisieme homme, qui est placé sur le plancher, ils lui donneront une étincelle qui s'élancera avec explosion (2).

§. DCCCLXXIV. Il est indispensablement néceſsaire, ainsi que le remarque très bien le célebre *Watson*, que la matiere effluente & la matiere affluente soient en équilibre entr'elles; car il ne peut pas s'échapper d'un corps *idioélectrique* une quantité de matiere électrique, plus grande que celle qui y afflue: & il ne peut pas y aborder & y demeurer une quantité de matiere électrique plus grande que celle qui s'en échappe; sans cela le corps *idioélectrique* en seroit à la fin tout-à-fait engorgé. L'équilibre de ces deux sortes d'écoulemens est démontré par la suspension d'une petite feuille de métal entre deux platines de fer blanc; en supposant qu'une de ces platines est suspendue au tube électrisé, tandis que l'autre, sur laquelle on place la feuille, est tenue à la main, au-dessous de la premiere, à la distance de 5 à 6 pouces : cette petite feuille est attirée par la platine supérieure; elle tend aussi-tôt à s'y porter : mais étant également attirée par la platine inférieure, elle demeure suspendue à égale distance de l'une & de l'autre, en leur présentant à chacune un plan droit. Si quelqu'un touche alors avec le doigt, ou avec un fil de métal, le tube électrisé, il emporte, par cet atouchement, la matiere électrique, & la petite feuille aussi tôt tombe sur la platine inférieure, & s'y étend selon son plan ; ou si on suspend au tube, par le moyen d'un fil de métal, un petit boulet de métal, & qu'on présente au dessous de cet appareil une petite feuille de métal, placée sur une des platines dont nous venons de parler, cette feuille demeurera suspendue entre le boulet & la platine : mais si on fait tourner circulairement & lentement la platine autour du boulet, on verra la feuille, qui étoit suspendue en l'air, se jetter

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1753.

(2) Pour que cette expérience ait lieu, il faut, de toute nécessité, que les deux hommes soient isolés ; sans cela, celui qui ne seroit point isolé, feroit perdre à l'autre, & perdroit lui-même, la matiere électrique qui leur seroit communiquée.

sur

ſur le boulet, & l'envelopper. Un duvet, placé ſur la platine au lieu de la feuille de métal, produira le même effet. Pour rendre cette expérience agréable, voici comment il faut s'y prendre. AB & CD [*Tab.* 22. *fig.* 3.] ſont deux cylindres de bois, unis entr'eux par la traverſe AC : EF eſt un fil de ſoie, à l'extrêmité F duquel on ſuſpend une platine de fer blanc G : H eſt une autre platine ſemblable, qui eſt fixée dans le tube I, qui gliſſe en s'élevant & en s'abaiſſant, dans un autre tube K, afin qu'on puiſſe fixer, à une hauteur convenable, la platine H : on place enſuite ſur cette platine de petites figures de papier, longues du doigt, & qui doivent, pour l'agrément de l'expérience, avoir l'attitude de différentes perſonnes qui danſeroient : ſi-tôt, qu'à l'aide d'un conducteur LF, on communique l'électricité au crochet F, les petites figures s'élevent & paroiſſent danſer; tantôt elles paroiſſent frapper du pied la platine H, tantôt elles heurtent avec la tête la platine G, & elles paroiſſent quelquefois ſuſpendues entre les deux platines : on les voit encore quelquefois tourner en rond, en parcourant toutes les parties des lames G & H. En effet, tandis que la matiere effluente, s'échappant de la lame G, & ſe diſtribuant à la lame H, porte avec elle les figures qu'elle rencontre ſur les points de cette lame où elle aborde; la matiere affluente n'arrive pas auſſi tôt ſur les mêmes points de la lame G, d'où la matiere effluente s'écoule, mais ſur les points qui les avoiſinent : par ce moyen, ces figures ne retournent point en ſautant vers les mêmes points d'où elles viennent de ſe précipiter; elles parcourent les différens points des lames G & H. Si on ſoumet à cette expérience de petites boules creuſes de verre ſoufflé, on les verra s'agiter d'une maniere ſinguliere, & tout à fait curieuſe.

§. DCCCLXXV. Lorſque nous regardons comme conſtant que les corps électriſés fourniſſent des écoulemens de matiere électrique qui s'échappent de leurs ſubſtances, & que, dans le même tems, ils reçoivent eux-mêmes des écoulemens électriques qui leur viennent des ſubſtances qui les avoiſinent; ne paroît il pas naturel de demander ſi ces écoulemens ſimultanés, qui ſe font en ſens contraire, ne s'oppoſent pas un mutuel obſtacle, & ſi l'un des deux ne doit point s'oppoſer efficacement au mouvement de l'autre, & le réduire au repos ? Cette idée paroît tout-à fait naturelle; & il en arriveroit ainſi, ſi une barre de fer, par exemple, qu'on électriſe, étoit tellement ſurchargée de matiere électrique, qu'elle ne laiſsât aucun vuide à remplir, & que tous les pores de cette barre fuſſent exactement engorgés de cette matiere : dans cette hypotheſe, il eſt conſtant que le fluide électrique, qui ſe meut en ſens contraire, & qui fait effort pour ſe jetter dans la ſubſtance de cette barre, ne pourroit point y parvenir. Mais de même que les rayons du ſoleil, qui tombent ſur un miroir ardent, & qui en ſont réfléchis, ne s'oppoſent point un mutuel obſtacle les uns aux autres; parcequ'ils ſont extrêmement rares, & que les rayons incidens ne rencontrent point, ſur leur paſſage, ceux qui ſont réfléchis : pareillement les écoulemens de matiere électrique qu'on détermine vers une barre de fer, par exemple, ſe jettent dans quelques uns de ſes pores, & les parcourent; tandis que les écoulemens qui s'échappent des corps voiſins, & qui ſe portent vers la même barre de fer, s'emparent des autres pores, & les parcourent de même Dans cette hypotheſe, s'il arrive que deux rayons de ces écoulemens, qui ſe

meuvent en sens contraire, se rencontrent, ils s'opposeront, à la vérité, quelqu'obstacle; & l'un des deux obligera l'autre à glisser totalement, & à s'échapper par un des côtés de la barre de fer, qu'il vouloit pénétrer : mais cette rencontre arrive très rarement, & il reste encore quantité de pores vuides à remplir.

§. DCCCLXXVI. Comme la matiere électrique des corps *idioélectriques* qu'on frotte, s'échappe de ces corps, munie d'une grande vîtesse, & qu'elle emporte avec elle les corps légers qu'elle trouve sur son passage; il en résulte nécessairement plusieurs effets, dont nous allons faire mention. 1°. Si on électrise une fontaine artificielle, tandis qu'elle laisse jaillir l'eau qu'elle contient, le jet accélérera son mouvement; il s'élevera plus haut, & il se divisera aussi-tôt en plusieurs jets divergens : les gouttes d'eau devindront lumineuses, & elles attireront des corps légers. 2°. Si on communique de l'électricité à un vase de métal en partie remplie d'eau, & dans laquelle plonge la plus courte branche d'un syphon capillaire; la matiere électrique, pressant devant elle la colonne d'eau qui tend à couler par la longue branche du syphon, fera que l'écoulement de l'eau sera continu : tandis qu'avant d'électriser le vase, cet écoulement ne se faisoit que goutte à goutte; l'accélération de cet écoulement paroîtra d'autant plus sensible, que le syphon sera plus capillaire : mais elle n'aura point lieu du tout, si on se sert, pour cette expérience, de syphons, dont le diametre ait plus d'une, deux, ou trois lignes; puisque, dans ce cas, l'électricité peut se faire jour aisément, & passer librement le long de la colonne d'eau qui s'écoule (1).

3°. Si on électrise des fleurs & des fruits, l'électricité, coulant librement à travers leurs canaux, emporte avec elle leurs parties odorantes, les dissipe dans l'air, & diminue le poids de ces fleurs & de ces fruits. Si on plante en terre des semences, des grains, &c, & qu'on les électrise, ainsi que la terre qui les contient, l'électricité aidera la matiere nutritive à se porter plus rapidement dans ces substances; elle accélérera le développement de leur germe, de leurs bourgeons, & l'accroissement de leurs feuilles & de leurs fleurs : ainsi que l'ont observé MM. *Boze* (2), *Jallabert* (3), *Nollet* (4). 4°. L'électricité accélere aussi la circulation du sang dans le vivant; elle provoque les menstrues (5); elle excite des mouvemens convulsifs dans les muscles; elle augmente la chaleur naturelle, la sueur & la transpiration insensible, ainsi qu'on l'a prouvé dans différentes personnes, dans des chats, dans le bréan, dans le pinson. Ces effets ne se manifestent pas également dans toutes sortes de sujets; mais différemment, suivant le tempéra-

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1748. (2) Comment. novus de Electr. p. 10. (3) Sur l'Electr. Ch. 5. §. 124. (4) Recherches sur l'Electricité, pag. 358. Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1748.

(5) Une personne âgée de près de 17 ans, n'étoit point encore réglée : elle fut électrisée le 25 Juin 1755 à 4 heures du soir; elle le fut pendant environ une demi-heure : elle reçut la commotion, & elle faisoit partie d'une chaîne de 9 personnes. Elle ressentit quelques minutes après un grand mal de tête, accompagné d'un battement de cœur fort léger : la fievre lui survint ensuite, qui augmenta considérablement vers les 8 heures du soir; & sur les 11 heures & demie ses regles commencerent à paroître, qui firent tomber la fievre, qui fut totalement dissipée le lendemain à 5 heures du matin.

ment de l'animal, le lieu, la conftitution de l'air, & la plus grande ou la plus petite force de l'électricité ; ainfi que l'ont très bien obfervé MM. *Jallabert* & *Nollet* (1). Plus les animaux font petits, étant de même efpece, & plus la tranfpiration eft augmentée : non-feulement la tranfpiration des animaux qui font foumis à l'action de la matiere électrique eft augmentée; mais cet effet a encore lieu par rapport à ceux qui fe trouvent dans leur voifinage, ainfi que plufieurs expériences, répétées avec foin, l'ont confirmé, dans des chats, des tourterelles, des bréans, des pinfons. 5°. Si on électrife plufieurs vafes qui contiennent différens fluides, l'évaporation de ces fluides eft accélérée, fur-tout dans ceux qui font naturellement plus volatils; cette évaporation fe fait plus promptement lorfque ces fluides font placés dans des vafes de métal, que lorfqu'ils font contenus dans des vafes de verre : & elle eft d'autant plus prompte, que l'ouverture du vafe eft plus large, quoiqu'elle ne fuive pas exactement la raifon de la grandeur de l'ouverture de ces vafes. Les parties des fluides qui s'échappent par l'évaporation ne pénetrent cependant point les pores des vafes, foit de verre, foit de métal, qui les contiennent; car fi on renferme différens fluides dans des vafes exactement bouchés, & qu'on les électrife pendant 10 heures, on ne s'appercevra point après qu'ils aient perdu de leur poids.

§. DCCCLXXVII. L'électricité n'abandonne point les corps auxquels on l'a communiquée, quoiqu'ils traverfent, avec rapidité, une grande maffe d'air ; car fi on électrife un homme monté fur un pain de réfine, & que cet homme jette, à la diftance de cent pas, par exemple, une boule, une pomme, ou tout autre corps qu'il tient à la main, ce corps demeurera électrifé, & il produira une étincelle lorfqu'il frappera un autre corps qu'il rencontrera fur fon paffage. Si un homme, pareillement électrifé, tire un coup de fufil chargé à balle contre un corps fufpendu à un cordon de foie, le corps frappé par la balle fera électrifé, & il attirera à lui des corps légers.

§. DCCCLXXVIII. Nous avons déja démontré que les corps *idioélectriques* contenoient une grande quantité de matiere électrique; les autres corps qui ne font pas de même efpece, en ont auffi une certaine quantité qui leur eft propre : cette quantité d'électricité naturelle à ces fortes de corps, eft néanmoins plus grande dans les uns, moins grande dans les autres. En effet, plus le nombre des corps qu'on fait communiquer avec le tube de fer qu'on électrife par le moyen d'un corps *idioélectrique*, eft grand, plus les chaînes de métal qu'on emploie pour tranfporter l'électricité font longues, plus on ajoûte de barres métalliques au tube de fer, dont nous venons de parler, & plus l'électricité devient violente ; effet qui doit fon origine en partie à la matiere électrique que fournit le corps *idioélectrique*, & qui met en mouvement celle qui eft contenue dans les différens corps dont nous venons de parler : la matiere électrique de l'air, qui avoifine ces différens corps, concourt auffi à augmenter cet effet par fon affluence. 2°. Si la machine électrique, ainfi que celui qui la met en mouvement, font ifolés, le globe électrique ne fournira que très peu d'électricité ; & au contraire il en fournira une très grande abondance, fi la machine de rotation, ainfi que celui qui la fait agir, font placés fur le parquet.

(6) Hift. de l'Acad. Roy. ann. 1748.

§. DCCCLXXIX. Afin donc que les corps *idioélectriques* puissent produire les effets qu'on en doit attendre, il faut nécessairement que les écoulemens électriques puissent passer librement de la terre aux corps *idioélectriques*; mais si quelque cause quelconque s'oppose aux écoulemens de la matiere effluente ou affluente, les phénomenes électriques cesseront bien-tôt de se manifester : en effet, si les affluences n'ont point lieu, on ne verra aucun signe d'attractions; si l'effluence est supprimée, on n'observera aucun phénomene d'attractions & de répulsions.

Suspendez au tube de fer, & à la distance d'un pouce les unes des autres, trois cloches de métal; suspendez pareillement, à des fils de soie, des marteaux qui descendent dans l'intervalle que laissent entr'elles ces cloches; que celle du milieu soit attachée à un fil de soie, & les deux autres à des fils de métal : du crochet intérieur de la cloche du milieu, faites pendre un fil de métal de 12 pouces de longueur, à l'extrêmité inférieure duquel soit attaché un petit globe de métal : les cloches, étant ainsi disposées, si on met en mouvement le globe électrique, & qu'on communique la matiere électrique au tube de fer, on n'observera aucun effet. Mais si un homme, placé sur le parquet, saisit avec la main le petit globe de métal, afin de déterminer la matiere électrique des cloches à passer, par son moyen, dans le plancher; alors les marteaux commenceront à frapper les cloches, & donneront des étincelles : mais si l'homme, dont nous venons de parler, abandonne le globe de métal, cet effet cessera aussi-tôt; parceque l'effluence de la matiere électrique ne pourra plus avoir lieu. Pareillement si cet homme, monté sur un pain de résine, saisit la petite boule de métal, l'effluence de la matiere électrique, ne pouvant point avoir lieu, parceque cet homme est isolé, on n'observera aucun effet; mais les cloches sonneront aussi tôt s'il met seulement un de ses pieds sur le plancher.

§. DCCCLXXX. L'électricité, excitée violemment, passe d'un corps dans un autre, lorsqu'un de ces deux corps en contient une plus grande quantité que l'autre; mais si l'un & l'autre en contiennent également; il est probable qu'il ne se fait point d'écoulement de l'un à l'autre, ou au moins on ne remarque point d'effet sensible qui indique cet écoulement : puisque, dans ce cas, ces deux corps paroissent se repousser. Par exemple, deux hommes étant montés sur des pains de résine, & étant placés à quelque distance l'un de l'autre, si l'un des deux frotte un tube de verre, il acquiert par-là une quantité surabondante de matiere électrique; & s'il tend le doigt à celui qui l'avoisine, il partira une seule étincelle, parceque ce dernier, n'étant point surchargé d'électricité, la quantité surabondante dont le premier est en possession, se distribue à l'autre, & se met en équilibre dans les deux : mais si ces deux hommes se touchoient, tandis que l'un des deux frotte le tube; comme l'électricité se distribueroit alors entr'eux deux, lorsqu'ils se présenteroient le doigt, ils ne pourroient point exciter d'étincelle, ni se communiquer de matiere électrique.

§. DCCCLXXXI. Lorsqu'on commença à découvrir les propriétés de l'électricité, on ne pouvoit exciter alors cette vertu que très foiblement; aussi tous ses efforts se bornoient-ils à attirer & à repousser des corps légers : mais lorsque par l'usage & par leurs travaux les Physiciens eurent imaginé des mé-

thodes particulieres d'exciter plus puissamment cette vertu, on observa que les corps *idioélectriques* attiroient à eux, lorsqu'ils étoient frottés, toute sorte de corps, grands, petits, solides ou fluides; car les écoulemens électriques, étant réellement matériels, ils agissent contre tous les corps qu'ils rencontrent sur leur passage: ils heurtent, ils choquent leurs parties solides, & ils emportent avec eux ces corps, quoiqu'ils pénetrent aisément leurs pores, & qu'ils coulent librement à travers leurs substances.

§. DCCCLXXXII. La vertu électrique des corps *idioélectriques* agit différemment, & attire plus ou moins puissamment les corps qu'elle maîtrise, suivant les différentes couleurs dont ils jouissent; ce qui ne dépend pas, à la vérité, de la couleur elle même, qui n'est autre chose qu'une modification de la lumiere, mais de la disposition des molécules du corps colorant, qui sont différemment arrangées sur la surface du corps coloré: ainsi que l'a très bien observé le célebre *du Fay*; lequel, ayant soumis aux effets de l'électricité plusieurs rubans de soie de différentes couleurs, vit que cette matiere agissoit plus puissamment sur ceux qui étoient noirs & secs, & plus foiblement sur ceux qui étoient d'une autre couleur. En suivant, quant à l'intensité de son action, l'ordre selon lequel nous allons les nommer, savoir, les blancs, les rouges, les bleus, il découvrit aussi que ce n'étoit point la couleur qui produisoit par elle-même la diversité de l'action de la matiere électrique; puisque ces rubans, étant mouillés, on enduits de cire ou de gomme, étoient attirés & repoussés également. 2°. Puisqu'on n'observoit aucune différence dans l'action de cette matiere contre les rubans blancs, lorsqu'on faisoit tomber sur eux différens rayons colorés du soleil, ayant eu soin auparavant d'en séparer, avec un prisme, les autres rayons. Peut on donc croire que cette plus grande facilité, avec laquelle certains rubans sont attirés, dépende de la différente maniere selon laquelle leurs pores sont obstrués par les molécules de la matiere colorante, ou que cet effet dépende de la différente force électrique dont jouissent les différentes substances colorantes: c'est ce dont on n'est point encore sûr, & sur quoi on ne peut point prononcer.

§. DCCCLXXXIII. Quoique les écoulemens électriques se répandent également sur les corps de même grandeur; comme, par exemple, sur des fils de lin, de laine, de soie, de coton, qui sont de même grosseur & de même longueur, & qui pendent tous à la même distance, telle qu'à 5 à 6 pouces de la même verge de fer, ils ne produisent cependant pas les mêmes effets, & n'obligent pas également ces différens fils, auxquels on communique une quantité surabondante de matiere électrique, à s'écarter les uns des autres: ce qui vient de la differente constitution de ces fils, qui fait, ou qu'une plus grande quantité d'écoulemens électriques se portent sur les uns, ou que ces écoulemens glissent plus librement sur leurs surfaces, ou qu'ils pénetrent plus aisément dans leurs substances; car les extrêmités des fils de lin, se repoussant mutuellement, s'écartent davantage les uns des autres, que les fils de coton; ceux ci s'écartent aussi davantage que les fils de soie, & les fils de laine sont ceux dont les extrêmités s'écartent moins les unes des autres: pareillement les écoulemens électriques coulent plus librement sur les métaux & sur la surface du corps de l'homme, que sur le bois.

En effet, ſi un homme, étant monté ſur un pain de réſine, eſt électriſé, & qu'on ſuſpende, par le moyen de quelques fils, à égale diſtance de part & d'autre de cet homme, deux petites tablettes de carton égales, ſur leſquelles on a mis de petites feuilles de métal; ſi les fils auxquels ces tablettes ſont attachées, ſont ſoutenus, les uns par un morceau de bois, & les autres par un autre homme, & que celui qui eſt électriſé étende également les bras, & approche ſes mains à égale diſtance de ces tablettes: les feuilles de métal qui ſeront placées ſur la tablette qui eſt ſoutenue par la main d'un homme, recevront une plus grande agitation que celles qui ſeront placées ſur la tablette dont les fils ſeront attachés au bâton dont nous venons de parler. Cette expérience nous apprend que ſi un corps attire plus fortement qu'un autre, ce n'eſt pas une raiſon de croire que le premier ſoit plus électrique; mais qu'il eſt diſpoſé de maniere que les écoulemens de la matiere effluente & affluente ſont plus libres, par rapport à ce corps, que par rapport à celui dont les effets ſont moins ſenſibles.

Outre cela, l'expérience précédente, ſavoir la divergence des fils ſuſpendus à des corps électriſés, nous apprend que ces fils, lorſqu'ils ſont électriſés, ont autour d'eux des atmoſpheres de matiere électrique, qui leur vient originairement du tube de verre électriſé, & qui paſſent de ce premier tube au tube de fer conducteur, auquel ils ſont ſuſpendus; enfin que ces atmoſpheres ne peuvent point ſe confondre & ſe mêler enſemble. Si, lorſque ces fils ſont électriſés, on approche au-deſſous d'eux, & à quelque diſtance, un tube de verre fortement électrique; l'électricité de ce tube repouſſe l'électricité de ces fils, les pénetre, & paſſe, par leur moyen, juſqu'au tube de fer: alors ces fils retombent, par leur propre poids, les uns contre les autres, ou ſe tiennent parallelement à côté les uns des autres, ou leur divergence eſt très peu marquée, ou enfin elle devient beaucoup moindre qu'elle étoit précédemment. Si on retire le tube de verre, la divergence de ces fils ſe manifeſte une ſeconde fois, par rapport à l'écoulement de la matiere électrique que le tube de fer leur fournit. Pareillement lorſqu'on approche un tube de verre électrique vers une des extrêmités du tube de fer, les fils qui ſont ſuſpendus à ce tube s'écartent les uns des autres, & ils retombent les uns vers les autres lorſqu'on retire le tube électrique; parceque l'électricité de ces fils ſe reporte en partie au tube de fer, tandis que l'autre partie ſe diſſipe dans l'atmoſphere: car elle s'écoule continuellement de ces fils, & elle paſſe dans la maſſe d'air qui les enveloppe. Ces expériences nous confirment les loix générales de l'électricité, que nous allons expoſer.

1°. Lorſque deux corps ſont également électriſés, ils ſe repouſſent mutuellement.

2°. Lorſque deux corps ſont également dépouillés de la matiere électrique qu'ils contenoient, ils ſe repouſſent auſſi mutuellement.

3°. Lorſque deux corps ſont placés à quelque diſtance l'un de l'autre, & que l'un des deux eſt plus chargé de matiere électrique que l'autre, ils s'attirent mutuellement, & ils s'approchent l'un de l'autre.

§. DCCCLXXXIV. Les ſubſtances qui ſont repouſſées par des corps *idioélectriques*, ou *ſymperielectriques*, ont été auparavant attirés, & ont touché des corps électriques, ou ſe ſont plongés dans leur ſphere d'activité, &

s'y ſont chargés de matiere électrique, & n'en ont été repouſſés qu'après. Ils ont d'abord été attirés, lorſque la matiere affluente y étoit portée en plus grande abondance, que la matiere effluente ne s'en échappoit; mais, après avoir reçu une certaine quantité de matiere électrique, par les rayons divergens qu'ils ont rencontrés, ils ont été repouſſés auſſi-tôt par les rayons de la matiere effluente qui s'échappoient du corps *idioélectrique*, & qui ſe mouvoient ſelon une direction contraire à la leur.

Mais pour quelle raiſon la même partie d'un tube de verre électrique attire-t-elle, & repouſſe-t-elle enſuite? Cet effet viendroit-il de ce que la même partie de ce tube, lorſqu'il eſt frotté, ne demeure pas conſtamment dans la même diſpoſition? Parceque, lorſque le frottement procure un ébranlement conſidérable à ſes parties, ſes pores s'agrandiſſent, & donnent un libre accès à la matiere électrique qui y aborde; mais cet ébranlement, venant à diminuer & à ceſſer, ſes pores diminuent inſenſiblement de grandeur, & ils expriment alors une plus grande quantité de matiere électrique, qui pouſſe & chaſſe devant elle le corps léger, qui étoit attiré auparavant?

Il arrive quelquefois que les ſeuls corps légers ſont repouſſés, tandis que ceux qui peſent davantage, & qui ont plus d'étendue, ſont attirés & s'attachent à la ſurface du corps frotté.

§. DCCCLXXXV. Lorſque des corps légers, tels que du duvet, des feuilles minces de métal, &c, ſont repouſſés; ces corps, étant alors chargés d'électricité, deviennent plus légers qu'un pareil volume d'air: auſſi remarque t-on conſtamment qu'ils s'élevent, & qu'ils nagent dans l'atmoſphere; ils perdent alors inſenſiblement l'électricité qu'on leur a communiquée: ils ſe réduiſent ſous de plus petites dimenſions, & ils tombent par leur propre poids; ſur-tout ſi la maſſe d'air eſt ébranlée. Tandis que ces corps voltigent dans l'air, & qu'ils ſont enveloppés d'une atmoſphere électrique, ils ne peuvent point être attirés par un corps *idioélectrique*, de même eſpece que celui qui leur a communiqué la vertu électrique dont ils jouiſſent; parceque ces deux eſpeces de corps ſont enveloppés de rayons divergens électriques, qui ſe font mutuellement obſtacle: c'eſt pour cette raiſon qu'ils ſont continuellement repouſſés par le corps *idioélectrique* qu'on leur préſente, & qu'ils continuent à voltiger dans l'air, juſqu'à ce qu'ils ſe ſoient dépouillés de la matiere électrique qu'ils contiennent; ſoit au profit de quelque corps non-électriſé qu'ils rencontrent dans leur chemin, ſoit en flottant plus long-tems dans la maſſe d'air, ſoit enfin en communiquant leur vertu électrique aux différentes émanations dont l'atmoſphere eſt toujours ſurchargé. Ces corps légers, étant dépouillés de leur vertu électrique, ſont attirés de nouveau par le corps électrique; ils puiſent dans la ſphere de leur activité une nouvelle quantité de matiere électrique, & ils ſont encore repouſſés comme ils l'étoient précédemment. Ces attractions & ces répulſions s'exécutent quelquefois avec une extrême rapidité; ainſi qu'on peut le remarquer ſi, tenant entre ſes doigts un duvet, à 5 à 6 pouces de diſtance d'un tube récemment frotté, on l'abandonne à lui-même, il ſe jette alors avec avidité dans la ſphere d'activité du tube: il en eſt auſſi-tôt repouſſé avec violence, & il ſe reporte, avec promptitude, vers la main qui l'a aban-

donné, pour se rejetter aussi-tôt contre le tube; ces mouvemens d'attraction & de répulsions se réiterent plusieurs fois de suite, avec une rapidité extrême.

§. DCCCLXXXVI. Deux corps, étant suspendus librement à une distance l'un de l'autre, qui leur permet néanmoins d'agir l'un contre l'autre, se repoussent mutuellement, si on leur communique la même espece d'électricité; & ils se repoussent d'autant plus fortement, qu'on leur a communiqué une plus grande quantité de matiere électrique : cette répulsion n'est jamais plus grande que lorsqu'ils sont également électrisés tous les deux. Ce phénomene prouve incontestablement que les atmospheres électriques de même espece, sont impermissibles, ou qu'elles ne peuvent se mêler que très foiblement. C'est pour cette raison que les petits filamens d'un même floccon de coton, que ceux d'un même duvet s'érissent & s'éloignent les uns des autres, lorsqu'ils sont électrisés; parceque, dans ce cas, tous ces petits filamens sont entourés d'une atmosphere électrique de même espece. Si un fil est attiré par un globe électrique, & qu'on le présente ensuite vers le doigt d'une personne électrisée, ce fil s'éloignera du doigt qu'on lui présentera; parceque l'atmosphere qui enveloppe ce fil, ainsi que le doigt électrisé, est composée de rayons divergens, qui se meuvent en sens contraire : les aigrettes lumineuses qu'on remarque aux angles d'une barre de fer électrisée, prouvent la divergence des rayons électriques.

§. DCCCLXXXVII. On trouve cependant des corps *idioélectriques* qui attirent avec impétuosité vers eux, les mêmes corps, que d'autres corps *idioélectriques* repoussent, & qui voltigent dans l'air : cet effet vient de ce que l'atmosphere électrique qui enveloppe ces corps, étant plus foible, & ayant moins d'activité que l'électricité de l'air, cette derniere les repousse contre les corps *idioélectriques* qu'on leur présente : on remarque ce phénomene lorsqu'un duvet, qui a été attiré par un tube frotté, & qui en est repoussé, se trouve dans le voisinage d'un bâton de cire d'Espagne rendu électrique par le frottement; il est aussi-tôt porté vers ce dernier corps, & il s'en échappe ensuite, pour être porté de nouveau vers le tube de verre. Mais si on répete la même expérience en faisant usage de deux tubes de verre, un duvet qui sera repoussé par un de ces tubes, le sera également par l'autre; ce qui présente deux phénomenes bien différens l'un de l'autre. Cette différence cependant n'est pas bien constante; car on remarque quelquefois qu'un duvet, repoussé par un tube de verre frotté, est aussi repoussé par un bâton de cire d'Espagne, ainsi que l'a observé l'Abbé *Nollet* (1).

§. DCCCLXXXVIII. Quelques Physiciens, ayant observé cette différence, soupçonnerent qu'il y avoit dans la Nature deux especes d'électricité différentes; l'une qu'ils nommerent *vitrée*, l'autre qu'ils appellerent *résineuse*. La premiere, selon eux, se remarque dans le verre, dans le cristal, dans les pierres précieuses, dans la laine, dans le poil des animaux, dans les plumes; la seconde, dans le succin, dans la colophone, dans la cire, dans la cire à cacheter, dans les résines, dans la soie, dans le chanvre, dans le papier. M. *du Fay* nous a donné les principaux signes qu'on a imaginés

(1) Lettr. 13. sur l'Electr. p. 92.

pour

pour distinguer ces deux especes d'électricité (1). Par exemple, si on attache une corde par ses deux extrêmités, & qu'on laisse pendre vers le milieu de cette corde un fil de soie, à l'extrêmité duquel soit attaché un duvet; on remarquera que ce duvet sera d'abord attiré par un tube de verre électrique qu'on lui présentera, & qu'il en sera ensuite repoussé: lorsque ce duvet est dans cet état de répulsion, si on lui présente un bâton de cire à cacheter, rendu électrique par le frottement, il sera d'abord attiré, & ensuite repoussé; & il arrivera encore la même chose si on lui présente le tube de verre. Une autre expérience, qui paroît prouver la même chose, est celle que voici. Si on prend un bâton de cire rouge à cacheter, de deux pieds & demi de longueur, qu'on l'électrise fortement en le frottant; si on saisit alors, avec la main, ce bâton vers le milieu de sa longueur, & qu'après avoir frotté un tube de verre, on conduise ce tube sur ce bâton de cire d'Espagne, depuis la main qui le tient jusqu'à une de ses extrêmités, & qu'après avoir frotté de nouveau le tube de verre, pour le rendre électrique, on le conduise encore de la même maniere sur le bâton de cire, ayant soin de le tourner pour le frotter successivement sur toutes les parties de sa circonférence, en répétant plusieurs fois la même manœuvre pour rétablir l'électricité du tube de verre; pour lors l'électricité, excitée dans cette partie du bâton de cire à cacheter, sera détruite par l'électricité du verre: une partie néanmoins sera repoussée vers l'autre extrêmité du bâton qui n'aura point été frottée par le tube. Cette expérience fut imaginée par M. *Canton*, qui croyoit que l'électricité du bâton de cire d'Espagne seroit augmentée par ce moyen, si l'électricité de ce bâton étoit de même espece que celle du verre (2). D'autres Physiciens n'ont point voulu admettre ces deux especes d'électricité, & n'en ont reconnu qu'une seule dans la Nature; ils ont seulement soupçonné que les écoulemens de la matiere affluente se portoient avec rapidité vers les corps résineux, tels que la cire d'Espagne, & que les écoulemens de la matiere effluente ne s'échappoient que lentement, & en moindre quantité, de ces sortes de corps. Suivant eux, lorsqu'un duvet est repoussé par un tube électrique, & qu'il voltige dans l'atmosphere, il est aussi-tôt porté vers un corps résineux qu'on lui présente, par la matiere électrique qui se porte avidement vers ce corps; il en est ensuite repoussé, mais comme il est alors enveloppé d'une atmosphere très foible, il cede aisément aux impulsions de la matiere affluente qui se porte vers le tube, il s'y porte avec elle: mais sitôt qu'il est parvenu à toucher le tube, il est aussi-tôt repoussé, & il voltige encore dans l'atmosphere. Cette explication sera-t-elle du goût de tous les Physiciens? C'est ce que le tems pourra nous apprendre.

Il a plu à l'industrieux *Franklin* de distinguer l'électricité en *positive* & en *négative*, ou en électricité *par excès*, & en électricité *par défaut*; & ces deux especes d'électricité se remarquent constamment dans les corps qui agissent les uns contre les autres. Concevons en effet que chaque corps, qui fait portion de l'Univers matériel, a une certaine quantité naturelle d'électricité: cela posé, supposons deux corps, A & B, qui aient chacun une

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann 1733. Philos. Trans. n°. 431. (2) Philos. Trans. Vol. 48, pag. 356.

même quantité de matiere électrique : dans cette hypothese, ces deux corps n'agiront point l'un contre l'autre ; aucun de ces deux corps n'attirera l'autre, ni n'en sera attiré.

2°. Il peut se faire que le corps A conserve sa quantité naturelle d'électricité, & que le corps B perde une certaine portion de celle dont il jouit naturellement ; alors B sera attiré par A, qui lui communiquera une certaine quantité de feu électrique.

3°. Il peut se faire aussi que le corps A & le corps B perdent l'un & l'autre de leur quantité naturelle d'électricité ; & il peut, outre cela, arriver que le corps A en conserve encore plus, malgré cette diminution, que le corps B. Dans cette hypothese, B sera attiré par A, & la matiere électrique se mettra alors en équilibre dans ces deux corps, & après cette communication, A & B seront l'un & l'autre électrisés négativement.

4°. Il peut se faire encore que A acquere plus que sa quantité naturelle d'électricité, & que B en ait moins que la quantité qui lui convient.

5°. Il peut arriver que le corps B se rétablisse dans sa situation naturelle, en acquérant ce qui manquoit à sa quantité d'électricité ; dans l'un & dans l'autre cas, le corps A sera électrisé positivement, & le corps B sera électrisé négativement ; puisque dans l'une & dans l'autre hypothese, le corps A aura plus que sa quantité naturelle d'électricité.

6°. Il peut encore arriver que le corps A & le corps B acquerent l'un & l'autre une plus grande quantité d'électricité que celle dont ils doivent jouir naturellement, & qu'ils en aient l'un & l'autre la même quantité, ou que le corps A en ait une plus grande quantité que le corps B : dans cette hypothese, ces deux corps seront électrisés positivement. En général toute quantité d'électricité qui surpasse celle qu'un corps peut contenir naturellement, se nomme électricité positive ; & toute quantité d'électricité qui est inférieure à celle qui appartient naturellement à un corps, se nomme électricité négative : en admettant cette distinction, établie par *Franklin*, il ne s'ensuit pas pour cela qu'il y ait dans la Nature différentes especes d'électricité ; mais seulement qu'il y a des corps qui jouissent d'une plus grande quantité, & d'autres d'une moindre quantité de matiere électrique ; ce qu'on ne peut pas révoquer en doute.

§. DCCCLXXXIX. Néanmoins je ne puis m'empêcher de soupçonner qu'il existe réellement dans la Nature différentes especes d'électricité ; mais qui se rapportent toutes à un même genre. En effet, il peut fort bien arriver que les écoulemens électriques different entr'eux par rapport au mélange des différentes parties hétérogenes que ces écoulemens emportent avec eux, par rapport à leurs différentes densités, à la rapidité de leurs mouvemens, à à la plus grande ou à la plus petite adhérence qu'ils contractent avec les corps, ou enfin par rapport à quelques autres qualités qui ne sont pas encore parvenues à la connoissance des Physiciens : ces écoulemens peuvent aussi bien différer les uns des autres, que les corps électriques, & les différences qui sont entre ces derniers, se manifestent assez sensiblement par les effets qu'ils produisent. En effet, la *tourmaline* ne produit point les mêmes effets que le verre lorsqu'il est électrique, ou que la cire d'Espagne ; car, selon l'observation du Duc *de Noya Caraffa*, 1°. on ne peut exciter la vertu

électrique de la *tourmaline*, que par la chaleur, & la vertu électrique de cette pierre est plus puissante que celle qu'on excite par le frottement.

2°. Cette pierre, échauffée par l'action du feu, ou par le frottement, ne jette aucune lumiere, & ne produit aucune étincelle.

3°. La vertu électrique étant excitée dans la *tourmaline*, si on met cette pierre dans l'eau, elle étendra son action jusques sur les corps qui seront placés au delà de la surface de l'eau; ce qu'on n'a point encore remarqué dans l'électricité du verre, du diamant, de la cire d'Espagne, &c.

4°. La *tourmaline* ne perd point la vertu électrique qu'elle contracte, par aucun des moyens qui la font perdre aux autres corps électriques; elle ne la perd pas même en attirant des corps, tels qu'une aiguille, par exemple.

5°. On ne lui communique point non plus la vertu électrique par les mêmes moyens qu'on emploie favorablement pour la communiquer aux autres corps; cette vertu, dans cette pierre, ne dépend point, ni quant à son origine, ni quant à son augmentation, des écoulemens d'un verre rendu électrique par le frottement.

6°. Lorsque la *tourmaline* est électrique, elle n'est point repoussée par un verre électrique; au contraire, elle en est attirée.

7°. Deux pierres de cette espece, étant suspendues à des fils de lin, ou de soie, & étant électrisées par la chaleur, bien loin de se repousser mutuellement, elles s'attirent réciproquement; &, qui plus est, lorsqu'elles sont en contact, elles s'approchent mutuellement : tandis que les corps électriques de même espece, se repoussent constamment. Néanmoins lorsque deux pierres de cette espece sont unies entr'elles par leur vertu électrique, elles sont attirées par un tube de verre récemment frotté; mais elles en sont ensuite repoussées en demeurant constamment unies.

Comme nos tentatives n'ont encore été portées que sur un très petit nombre de corps, il est de la prudence de suspendre son jugement, jusqu'à ce que nous ayions étendu plus loin les bornes de nos connoissances. Nous ne pouvons donc point encore décider s'il n'y a dans la Nature qu'une seule espece d'électricité, quoique vraisemblablement nous n'en ayions encore découvert qu'une seule jusqu'à présent. Peut-être en découvrirons-nous par la suite une autre, différente de celles dont nous venons de parler, dans une espece de poisson, que nous nommons *béefaal*.

§. DCCCXC. Nous ne connoissons la *tourmaline* que depuis l'année 1717, que M. *Lemery* nous en a donné la description (1); ainsi que de la propriété qu'elle a d'attirer les cendres. On trouve cette cristallisation dans l'Isle de Ceylan; sa couleur est d'un rouge foncé : elle est presqu'opaque, aussi dure que le cristal, & sa grandeur n'est point déterminée.

§. DCCCXCI. Lorsque la tourmaline n'est, ni chauffée, ni frottée, elle ne donne aucun signe d'électricité; mais lorsqu'elle a été exposée à l'action du feu, & qu'elle est encore échauffée, *Æpinus* (2), & *Wilke* (3), prétendent qu'elle a deux especes d'électricités différentes. Suivant eux, lorsqu'une tourmaline est échauffée, & qu'on la place sur un support de

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1717. (2) Hist. de l'Acad. de Berlin, ann. 1756, p. 119.
(3) Disputatio solemnis de Electricitatibus contrariis.

verre, l'électricité du côté opposé à celui qui touche le support, est *positive*; & celle du côté qui est en contact avec le support, est *négative* : ce qui n'est pas difficile à déterminer. Suivant *Wilson*, il ne s'agit pour cela que de suspendre à l'extrêmité d'un fil de lin une petite boule faite avec de la moëlle de sureau, d'attacher ensuite ce fil au bout d'un petit morceau de bois, disposé horisontalement; à l'autre extrêmité duquel est adapté & soudé un bâton de cire d'Espagne, placé sur un pied : alors, si on approche cette petite boule d'un des côtés de la tourmaline, elle sera attirée, & elle sera repoussée lorsqu'on la présentera vers le côté opposé. Cet effet ne viendroit-il pas de ce qu'un des côtés dont il est ici question, se refroidit plus promptement que l'autre, & de ce que la matiere du feu s'échappe plus aisément de la surface supérieure de cette pierre? Alors la matiere électrique, commençant à s'échapper de ce côté, avec la matiere ignée, continue à s'échapper par la même voie qui lui est ouverte; ainsi qu'on l'observe également par rapport à l'électricité du verre.

§. DCCCXCII. Si on prend avec des pinces une tourmaline, on la place dans une fournaise, afin qu'elle puisse s'échauffer également de toutes parts, & dans toute l'étendue de sa substance; ou si on la plonge, pendant quelques minutes dans de l'eau bouillante, pour produire le même effet : lorsqu'on la retire de la fournaise, ou de l'eau, elle paroît être électrisée positivement d'un côté, & négativement de l'autre; c'est-à dire qu'il paroît que la matiere affluente se porte vers sa surface inférieure, & que la matiere effluente s'échappe de sa surface supérieure : cette surface se desseche plus promptement que l'inférieure; parceque l'humidité qui la couvre se dissipe, tandis que l'inférieure conserve encore une certaine quantité de parties aqueuses : c'est ce qui fait que la vertu de cette pierre n'agit que contre ces parties, & nullement contre tous les corps qu'on lui présente; mais si la tourmaline est bien seche, qu'elle soit également échauffée de toutes parts, & qu'on la tienne librement suspendue dans l'air, elle attire des corps légers par ses deux surfaces opposées.

La chaleur la plus convenable pour exciter fortement la vertu électrique de la tourmaline, est depuis 100 jusqu'à 200 degrés de l'échelle de *Fahrenheyt*; car une chaleur plus grande, ou plus petite, produit une plus foible électricité : cette pierre conserve sa vertu électrique pendant 6 heures, suivant le rapport de *Æpinus* (1), & de *Wilke*. Le Duc *de Noya* s'inscrit en faux contre cette durée; il prétend qu'elle ne conserve pas si long-tems sa vertu, & il n'admet point les deux especes d'électricité qu'on lui attribue.

§. DCCCXCIII. Si on pose une tourmaline sur un morceau de carton, de porcelaine, de métal, ou de verre, ces corps étant échauffés, ou sur un charbon après qu'il a été embrasé; cette pierre acquerra la vertu électrique : la partie inférieure de cette pierre, quoique plus chaude que la partie supérieure, aura néanmoins une vertu électrique plus foible que celle de cette derniere. J'ai observé que la tourmaline déployoit plus vigoureusement son action sur des cendres de Hollande, que sur une poudre nommée *hairpoeder*; elle agit cependant sur tous les corps légers, & elle les repousse

(1) Sermo. Academ. pag. 11.

de maniere qu'elle met à découvert tout l'eſpace qui l'entoure : elle repouſſe les petites pouſſieres à une diſtance beaucoup plus grande que celle d'où elle les attire ; car à peine attire t-elle des corps légers à la diſtance d'une ou deux lignes, tandis qu elle les repouſſe juſqu'à la diſtance de trois pouces & plus : ce qu'on obſervera aiſément, ſi on la place ſur une plaque de métal qui ſoit chaude.

J'ai placé une tourmaline dans une cuiller d'argent ; je l'ai auſſi placée ſur un carreau de verre : &, après avoir répandu autour d'elle une petite quantité de cendres, j'ai dirigé vers la ſurface ſupérieure de cette pierre des rayons du ſoleil que j'avois ramaſſés à l'aide d'une lentille ; & j'ai obſervé auſſi-tôt que cette ſurface a acquis une très grande force attractive & répulſive. Cependant j'ai encore obſervé, qu'en ſuſpendant auprès d'elle un fil de ſoie, & qu'en laiſſant tomber à côté d'elle du duvet, de petites feuilles de métal, ces corps étoient attirés, qu'ils continuoient à tomber, & qu'ils n'étoient jamais repouſſés. La matiere ignée, étant raſſemblée ſur la ſurface ſupérieure de cette pierre, s'échappe aiſément de cette même ſurface ; c'eſt pourquoi l'électricité de cette ſurface peut produire ces attractions & ces répulſions, que la ſurface inférieure, qui touche le métal ou le verre, ne peut exciter.

Si on applique de la cire d'Eſpagne à une des extrêmités d'une tourmaline qu'on échauffe à la flamme d'une chandelle ; & qu'après cela on expoſe les deux ſurfaces oppoſées de cette pierre entre deux petites boules de ſureau, ſuſpendues à des fils ; on obſervera l'action ſimultanée de ces deux ſurfaces contre ces deux boules, qui ſeront repouſſées l'une & l'autre, & qui prouveront que la matiere électrique de la tourmaline s'échappe de part & d'autre, quoique cependant avec des forces différentes. Mais la matiere ignée, ſe répandant, avec le tems, également dans toute la ſubſtance de cete pierre, on remarquera qu'une de ces deux boules ſera attirée, tandis que celle qui répond à la partie oppoſée de la même pierre, ſera repouſſée : ce qui prouve que la matiere électrique s'échappe d'un côté, & afflue de l'autre.

Par conſéquent dès que le côté échauffé d'une tourmaline attire des corps légers, & les repouſſe auſſi, ainſi que nous l'avons déja obſervé par rapport au verre, dans lequel nous avons démontré deux courans ſimultanés & oppoſés de fluide électrique ; il eſt évident qu'on doit pareillement admettre ces deux courans oppoſés de matiere électrique par rapport à la tourmaline : ce qui prouve la conformité de la vertu électrique dans ces deux différentes ſubſtances.

§. DCCCXCIV. Si on prend une tourmaline avec une pince, & qu'on la frotte légérement ſur une étoffe, de façon qu'elle ne s'échauffe point par ce frottement, la ſurface frottée attirera à elle des corps légers, & la ſurface oppoſée ne donnera que des ſignes très foibles d'électricité, & elle reviendra enſuite dans ſon état naturel.

§. DCCCXCV. Si on attache une tourmaline par un de ſes côtés à un tube de verre, & qu'on frotte enſuite fortement ſon côté oppoſé ſur un morceau d'étoffe, ayant bien ſoin de ne la point toucher avec les doigts ; les deux côtés de la pierre acquerent, par ce moyen, la vertu d'attirer à eux des

corps légers : si, après cela, on abandonne cette pierre à elle-même, elle retourne à son état naturel.

Le Duc *de Noya* nous a donné une Table très curieuse des distances selon lesquelles une tourmaline frottée, ou échauffée par des charbons ardens, attire & repousse différens corps, pris dans les trois regnes de la Nature.

TABLE.

Corps tirés du regne minéral

	Attirés par une tourmaline frottée. Distances des attractions mesurées par des lignes.	*Attirés par une tourmaline échauffée.*	Distances des répulsions mesurées par des pouces.
Une feuille d'or	2	3	0
De la limaille de fer	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3
Poudre de brique cuite	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Cendre de bois ordinaire	$\frac{1}{2}$	1	3
Poussiere de gypse	1	$\frac{1}{2}$	1
Natrum de Sénégal	1	$\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$
Sable	1	$\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$
Poussiere de verre blanc	2	1	1
Corps tirés du regne végétal.			
Rapure de buis	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
Cire d'Espagne	1	$\frac{1}{2}$	0
Papier	1	$\frac{1}{2}$	2
Charbon pilé	1	1	3 $\frac{1}{4}$
Un petit globe de liege suspendu à un fil	$\frac{1}{2}$	3	0
Corps tirés du regne animal.			
De petites barbes de plumes	$\frac{1}{2}$	1	0
Un fil de soie suspendu	$\frac{1}{2}$	3	0

Non-seulement le frottement & le feu excitent la vertu électrique de la tourmaline ; mais le vent d'un soufflet, poussé plusieurs fois sur cette pierre,

produit le même effet, & la rend électrique des deux côtés; mais ce qui rend cet effet plus fenfible, c'eft fur-tout l'air qu'on injecte par un foufflet dont on a fait rougir le tube : c'eft en cela que la tourmaline differe du verre & du fuccin, qui peuvent, à la vérité, devenir électriques par le fouffle; mais fi foiblement, qu'à peine peut on s'appercevoir que cette vertu foit excitée dans le fuccin, quoiqu'elle fe manifefte un peu plus fenfiblement dans le verre qu'on électrife de cette maniere.

§. DCCCXCVI. La vertu électrique de la tourmaline ne pénetre point la fubftance des corps électriques, tels que le verre; mais elle paffe librement à travers le papier, & à travers les corps non-électriques : en effet, fi on répand de la limaille de fer fur un papier, & qu'on pofe fur ce papier de petites barbes de plume, des cendres, & qu'on le place enfuite au-deffus d'une tourmaline rendue électrique; l'électricité de cette pierre, coulant librement à travers les pores du papier, fera redreffer perpendiculairement les petits corpufcules qui feront deffus : mais elle ne les mettra pas en mouvement, de maniere à les faire changer de place. Si on fait mouvoir le papier, & qu'on le porte tantôt à la gauche, tantôt à la droite de cette pierre, ces petits corpufcules fe redrefferont dans tous les endroits qui répondront à la pierre; de même que la limaille de fer a coutume de fe redreffer lorfqu'on paffe un morceau d'aimant fous le carton fur lequel elle eft répandue : on remarque quelquefois que, lorfque la tourmaline fe refroidit, elle repouffe plus loin les corps légers, que lorfqu'elle étoit chaude.

§. DCCCXCVII. Si deux tourmalines font également chaudes, & qu'on en tienne une des deux au deffus de l'autre, fi on répand des brins de paille fur celle qui eft inférieure quant à fa fituation; on remarquera que ces pailles feront attirées par la tourmaline fupérieure, qu'elles fe porteront vers elle, & qu'elles feront enfuite repouffées vers la tourmaline inférieure : on remarque encore quelquefois, qu'après avoir été repouffées, elles font attirées de nouveau par la tourmaline fupérieure, qui les follicite à fe mouvoir directement vers elle.

§. DCCCXCVIII. Si une tourmaline, qui eft trop échauffée, donne à peine des marques fenfibles de fa vertu électrique, & n'a point la force de repouffer de petites paillettes, on augmentera fa vertu, & on lui procurera affez de force pour repouffer ces petits corpufcules, en tournant vers elle, & en préfentant à une de fes furfaces la pointe d'un ftilet froid.

§. DCCCXCIX. Si on met fur la pointe d'un grande aiguille, difpofée verticalement, autant de limaille de fer qu'elle en peut contenir, & qu'on approche la pointe de cette aiguille à la diftance d'une ligne d'une tourmaline rendue électrique; la plus grande partie de la limaille de fer qui couvre la pointe de cette aiguille, eft emportée, tombe de deffus l'aiguille, & eft repouffée par la tourmaline. Pareillement la tourmaline chaffe une partie de la limaille de fer qui couvre la furface d'un aimant, & elle fait prendre une figure cunéiforme, dont la pointe eft tournée vers elle, à la limaille qui pend aux angles de cet aimant; mais fi-tôt que la pointe de ce cône touche à la tourmaline, cette pointe fe divife en plufieurs rayons divergens, qui font auffi-tôt repouffés. La tourmaline qui touche à un aimant ne contracte pas pour cela la vertu magnétique.

§. DCCCC. Supposons que la surface supérieure A [*Tab.* 22. *fig.* 5.] d'une tourmaline soit plus grande que sa surface inférieure B ; que deux fils de métal A A, B B, soient placés sur des tubes de verre D D, E E ; qu'un de ces fils touche la surface inférieure B de la tourmaline, & l'autre sa surface supérieure A qui soit fortement échauffée : cela posé, si on suspend à l'extrêmité d'un fil très délié un petit globe de liege K, & qu'on le place entre les deux fils métalliques A A, B B, ce petit globe sera attiré par le fil B B ; parceque la matiere électrique se jette sur la surface B de la tourmaline, & la pénetre, tandis qu'il s'en échappe de la surface A, qui est échauffée. Si au contraire on fait chauffer le côté B, le globe K sera attiré par le fil A ; parceque ce fil de métal est en contact avec la surface froide de la tourmaline, à laquelle la matiere affluente se porte.

On peut faire perdre à la tourmaline sa vertu électrique ; & elle la perdra si on la jette brusquement dans l'eau froide, après l'avoir exposée à l'action d'un feu très violent : le froid, qui la saisit alors, produit, dans toute la substance de cette pierre, une grande quantité de fentes ; mais cette pierre ne se sépare pas pour cela en plusieurs éclats.

§. DCCCCI. L'électricité de la *torpille* (1) est différente de celle dont nous avons parlé jusqu'ici ; elle se fait sentir au fond de l'eau, qui est un élément qui détruit la vertu électrique des substances frottés, telles que le verre & & les résines, ou qui la dissipe, & la distribue à une si grande distance, qu'elle cesse d'être sensible : néanmoins on trouve que l'électricité de la torpille a quelqu'affinité avec l'électricité résineuse ; puisque l'électricité de ce poisson ne produit aucun effet lorsqu'on le touche avec un bâton de cire d'Espagne.

Le célebre *Laurent Theodore Gronovius* nous apprend que si un homme, nageant dans un fleuve, ou dans une riviere, rencontre une torpille, & & qu'elle le touche, soit au pied, soit à toute autre partie de son corps ; la sensation qu'il éprouve, le fait courber tout-à-fait, & le met en danger d'être submergé, & de perdre la vie (2).

§. DCCCCII. Si, aprés avoir pris un de ces poissons, on le met dans un tonneau rempli d'eau, dans lequel il nage, & qu'on le touche ensuite avec le doigt, on éprouve une forte commotion au bout du doigt, & on ressent un engourdissement qui se produit le long de tout l'avant-bras jusqu'au coude : si on touche ce poisson avec le pied, l'engourdissement qui en résulte, se fait sentir jusqu'au genou, & dure l'espace d'une minute : on éprouve assez ordinairement, pendant le tems de cet engourdissement, une douleur semblable à celle qu'on ressentiroit si on se heurtoit le coude contre un corps dur.

§. DCCCCIII. L'électricité de cet animal se manifeste en tout tems, en toute saison, le jour comme la nuit, pendant toutes sortes de vents ; soit que ce poisson soit placé dans un vase de pierre, de bois rempli d'eau, soit qu'il soit hors de l'eau.

§. DCCCCIV. L'électricité de la torpille se fait sentir dans toutes les

(1) La torpille est un poisson cartilagineux, dont la figure approche de celle de la raie. On trouve sur les côtes de Poitou, d'Aunis, de Gascogne, de Provence, &c.

(2) Uitgezogte Verhandelengen uit de Werken der Societeyten derde deel, anno 1758, pag. 468.

parties

parties de son corps; mais elle se manifeste plus sensiblement à sa queue, ou à ses dernieres nageoires ; & on ne peut toucher aucune partie de cet animal sans éprouver la sensation que nous venons d'indiquer.

§. DCCCCV. L'électricité de ce poisson est très grande lorsqu'il nage avec force : en effet, si quelqu'un, étant dans un bateau, enfonce son doigt dans l'eau, à la distance même de 15 pieds de cet animal, il recevra une forte commotion.

§. DCCCCVI. La sensation qu'il fait éprouver, lorsqu'on le touche, est si violente, qu'il n'est pas possible de le saisir, & de le prendre avec la main; cette sensation se feroit même sentir à celui qui auroit un gant de cuir, de coton, ou de laine : on éprouve encore cette sensation lorsque les mains sont enduites de cire, ou d'huile.

§. DCCCCVII. Si on tient à la main un bâton, sur-tout de bois dur, ou qu'on attache au bout d'un bâton une verge de fer, de cuivre, d'argent, de plomb, d'étain, & qu'on touche ce poisson, on éprouve une grande commotion dans la main ; mais elle sera bien plus violente si on touche cet animal avec une tringle de fer, ou d'acier : la commotion qu'il excite est insoutenable lorsqu'on le touche avec un anneau d'or.

§. DCCCCVIII. On n'éprouve au contraire aucune commotion, lorsqu'on le touche avec un bâton de cire d'Espagne rouge ou noire.

§. DCCCCIX. Si on renferme une torpille dans un bassin rempli d'eau, dans lequel on ait mis d'autres poissons, qui nagent avec elle dans cette eau; ces poissons mourront en peu de minutes : cependant la *petite squille* (qui est une espece de cancre), fait mourir la torpille.

Si vous consultez l'Histoire de Hollande, vous y apprendrez encore bien des particularités qui concernent cet animal ; vous y apprendrez aussi les endroits où on le trouve plus fréquemment : enfin vous y apprendrez que ce poisson vit de toutes sortes de poissons, de vers, d'intestins, de pain (1).

Les phénomenes que la torpille nous fait observer ne dépendroient-ils point d'une électricité semblable à celle dont nous avons déja parlé ? M. *de Reaumur* remarque à cette occasion (2), que, lorsqu'on touche cet animal, lorsqu'on le prend, ou lorsqu'on l'abandonne après l'avoir saisi, on éprouve une prompte & violente commotion dans la main, dans le bras, dans l'épaule, & même dans la tête ; & on ressent dans toutes ces parties une douleur, & un engourdissement, qui durent quelque tems : effets que personne n'avoit encore éprouvé jusqu'alors ; mais il faut aussi convenir qu'on ne connoissoit pas encore les effets de l'électricité.

§. DCCCCX. Mais revenons maintenant à l'électricité du verre, & à celle de la cire. Puisque les corps légers, qui sont repoussés par des corps électriques, demeurent encore quelque tems électrisés, tandis qu'ils voltigent dans l'atmosphere, lorsqu'il n'est pas chargé d'humidité ; il s'ensuit que l'air pur n'absorbe point considérablement la matiere électrique des corps qui nagent dans son sein : or comme cette même propriété convient aussi aux corps *idioélectriques*, ce n'est pas sans sujet qu'on a soupçonné que l'air

(1) Verhandelegen des Hollandsche Meattchappy, Vol. 2. (2) Hist. de l'Acad. Roy, ann. 1714.

pur devoit être rangé dans la classe des corps *idioélectriques*, ou du moins, que la matiere électrique étoit contenue dans l'air de la même maniere que la matiere ignée. Cette idée est confirmée par l'observation suivante : plus il y a d'air dans un globe électrique, par exemple, ou dans la cavité d'un tube, & moins la matiere affluente peut aborder & se jetter dans leurs cavités ; au contraire, moins il y a d'air dans l'intérieur d'un globe, ou d'un tube électrique, moins la matiere affluente éprouve de résistance de la part du fluide qui est en possession de ces cavités, & plus elle s'y jette abondamment : différence très sensible, qu'on peut observer aisément par la lumiere qui brille ordinairement dans les globes, ou dans les tubes qu'on électrise, lorsqu'ils sont vuides d'air, ou lorsqu'ils sont remplis d'un air plus rare. Outre cela, si l'air n'étoit pas *idioélectrique*, la matiere électrique des corps électrisés, qu'il touche de toutes parts, ne se répandroit-elle pas aussi-tôt dans toute sa masse, & en resteroit-il suffisamment à ces corps pour donner aucun signe d'électricité ? On peut donc regarder l'air comme le réservoir de la matiere électrique d'où elle s'échappe pour se porter aux corps *idioélectriques* qu'on frotte ; & de même que l'air n'est pas tout-à-fait rempli par la matiere du feu, de même cet élément n'est point engorgé de matiere électrique : il n'en contient qu'une certaine quantité : cette matiere peut être rassemblée & communiquée à des tubes de fer, que l'air enveloppe de tous côtés, & d'où elle s'échappe pour se jetter de nouveau dans l'atmosphere : ce qui ne pourroit arriver, dans la supposition que l'air seroit tout-à-fait rempli de matiere électrique.

§. DCCCCXI. Comme on ne peut exciter qu'une très foible électricité dans les corps, lorsque l'atmosphere est chargé d'humidité, il s'ensuit que les parties aqueuses, qui sont disséminées dans la masse de l'air, absorbent la matiere électrique ; de sorte qu'il ne peut s'en porter qu'une très petite quantité aux corps *idioélectriques* qu'on frotte, ou même qu'il ne s'y en porte point du tout, & que celle qui se manifeste si foiblement dans ces circonstances, n'est autre chose que la petite quantité de matiere électrique qui étoit répandue dans la substance de ces corps, qui se développe par le frottement. Comme les exhalaisons qui s'échappent du corps de l'homme sont humides, elles nuisent beaucoup à la vertu électrique des corps qu'on frotte; parceque l'humidité qu'elles portent dans l'air, absorbe la matiere électrique qu'on met alors en mouvement.

C'est pour cette raison que les expériences qu'on fait sur l'électricité dans un endroit exactement fermé, & dans lequel il y a un grand nombre de spectateurs, ne réussissent pas ordinairement, comme je l'ai éprouvé quelquefois à Utrecht & à Leyde ; mais qu'elles réussissent très bien dans une chambre ouverte, dans laquelle l'air, circulant librement, emporte avec lui les exhalaisons, & rend à l'air intérieur sa sécheresse & sa pureté.

§. DCCCCXII. On peut exciter la même électricité, & lui faire produire les mêmes phénomenes d'attraction, de répulsion, & de lumiere, dans des cavités vuides d'air, aussi bien que dans des cavités remplies d'air, & enveloppées extérieurement par le même fluide. C'est à *Hauxbée* que nous sommes redevables de l'invention de frotter & d'électriser des corps dans le vuide ; mais ce fut *s'Gravesande* qui perfectionna cette méthode, qui nous

apprend que les phénomenes de l'électricité ne dépendent point de l'air, comme de leur cause, & que ce n'est point lui qui attire & qui repousse les corps légers : outre cela, on peut porter l'électricité dans l'intérieur d'un tube, ou d'un globe de verre ; ainsi qu'on peut s'en convaincre par les barometres lumineux, ou par la lumiere qu'on remarque dans les tubes & dans les globes de verre, lorsqu'ils sont vuides d'air, & qu'on les frotte avec la main. Dans ces circonstances, la matiere électrique se jette aussi-tôt dans ces cavités, où elle n'éprouve aucune résistance ; elle les parcourt, en suivant plusieurs contours singuliers, & ces effets cessent aussi-tôt qu'on reporte dans ces cavités l'air qu'on en avoit retiré.

§. DCCCCXIII. La matiere électrique n'est pas toujours également répandue vers la surface de la terre ; il y a des endroits où elle est très abondante, & d'autres qui n'en contiennent qu'une très petite quantité : en un mot, la quantité de ce fluide est différente, suivant les différentes régions. il m'est arrivé quelquefois, en faisant des expériences sur l'électricité, de voir tout-à-coup la matiere électrique épuisée, après avoir abondamment fourni, pendant plusieurs heures, sans que je pusse découvrir la cause de ce phénomene ; puisque, ni la chaleur du verre qu'on frottoit, ni la température du lieu, ni la netteté du globe, ni la sérénité du ciel, ni le vent, n'avoient éprouvé aucun changement. M l'Abbé *Nollet* rapporte une observation qui a rapport à ce phénomene (1). » Quoiqu'assez généralement on convienne, dit-il, que le beau tems vaut mieux que tout autre pour électriser, » on ne sait pas encore, d'une maniere bien décidée, à laquelle des circonstances, qui font le beau tems, l'on doit attribuer principalement le bon » succès de ces expériences : j'ai vu bien des fois l'électricité réussir plus que » médiocrement, lorsqu'il pleuvoit avec abondance ; dans d'autres tems » elle m'a presque manqué, quoique l'air fût d'une sérénité parfaite ». Le célebre M. *Boze*, qui s'est appliqué, avec tout le soin possible, à examiner en Allemagne les phénomenes électriques, nous apprend (2) que la force de l'électricité s'affoiblit aussi-tôt que quelque changement est sur le point d'arriver dans l'atmosphere ; soit que ce changement se fasse du beau tems à la pluie, ou de la pluie au beau tems, & que ce phénomene est un présage plus certain des variations de l'atmosphere, que les mouvemens du mercure dans un barometre.

Le 16 du mois de Septembre 1756, j'ai éprouvé, dans un Village nommé Warmond, qui est auprès de Leyde, que l'électricité étoit extrêmement foible près de la surface de la terre : j'attachai un ruban de soie aux deux extrêmités d'un fil de fer de 150 pieds de longueur, & je disposai ce fil de fer parallelement à l'horison, à la hauteur de 4 pieds $\frac{1}{2}$ au-dessus de la surface de la terre, en fixant de part & d'autre les deux rubans qui y étoient attachés ; & je ne découvris alors aucun signe d'électricité dans le fil de fer.

Je transportai ensuite ce même fil de fer au haut d'une tour assez élevée ; quelqu'un tenoit l'extrêmité d'un des rubans, & je fixai l'extrêmité de l'autre en terre : par ce moyen le fil de fer étoit tenu fixement dans une situation parallele à la hauteur de la tour ; mais je ne trouvai pas encore que ce fil

(1) Recherch. sur l'Electr. p. 173. (2) Commentar. nov. de Electr. p. 11.

de fer fût devenu électrique, quoique la région supérieure de l'air fût extrêmement électrique; ainsi que je l'observai, à l'aide d'un cerf volant.

Au mois de Juillet de l'année 1757, je fis, dans les fauxbourg de Noordwyk, avec le célebre Baron *Vander Does, Toparcha de Langenveld*, plusieurs expériences sur l'électricité. Nous nous servîmes sur-tout d'un cerf-volant, attaché à un fil de fer très mince (car le fil de lin, ou de chanvre, ne sont point bons pour cet usage en Angleterre); le fil de fer dont nous nous servions se rouloit, à l'aide d'une manivelle, sur un tambour de bois; de sorte que nous avions la liberté de l'allonger, autant que nous le jugions à propos: l'extrêmité de ce fil étoit attachée à un ruban de soie de la longueur d'une aune. Nous nous promenâmes sur le bord de la mer, le ciel étant un peu nébuleux, tandis qu'un vent d'Ouest souffloit légérement; mais nous n'éprouvâmes aucun signe d'électricité, en touchant au fil de fer, qui étoit disposé parallelement à l'horison: mais le cerf-volant, s'étant élevé jusqu'à la hauteur de 100 pieds, nous commençâmes à nous appercevoir d'une très foible électricité, & nous tirâmes de petites étincelles, qui ne partoient, les unes après les autres, qu'après l'espace d'une minute & demie, ou deux minutes.

J'ai élevé verticalement, dans un jardin d'une de mes maisons de Leyde, une poutre de bois FE [*Tab. 22. fig. 6.*], de 35 pieds de longueur, qui étoit exposée de tout côté au contact de l'air; sur la partie supérieure de cette poutre j'ai établi une caisse de bois BE, de 5 pieds de face, que j'ai remplie de colophone: j'ai planté perpendiculairement au milieu de cette caisse, un fer pointu OA, de 5 pieds de longueur, & qui excédoit la boîte de 3 pieds. Pour mettre la colophone à l'abri de la pluie, j'ai couvert la caisse qui la contenoit d'un surtout de fer LMPNRSQ, dont chaque face portoit un pied; j'ai uni ce surtout avec la tige OA, à l'aide de quelques ferremens, & j'ai eu soin de le fixer à la distance de 3 pouces de la surface supérieure de la colophone: d'un bras de fer DC, fixé à la tige OA, pendoit un fil de métal, que j'ai conduit dans une chambre, en le faisant passer par un grand trou, fait au volet de la fenêtre: j'ai suspendu ensuite ce fil de métal à un cordon de soie, afin qu'il fût isolé; vers l'extrêmité de ce fil de métal étoit placé un duvet suspendu à un fil, destiné à faire connoître la moindre quantité de matiere électrique qui se seroit portée le long du fil de métal. Mais, pendant l'espace de deux ans que j'ai observé cette machine, soit que le tems fût serein, ou nébuleux, soit qu'il tonnât, qu'il plût, ou qu'il tombât de la grêle, je n'ai jamais observé aucun signe d'électricité. Le célebre *Edens* fit usage à Warmond d'une pareille machine, construite avec toute l'attention possible; mais pendant l'espace de deux ans, en été, en hiver, en Automne, & pendant le printems, l'air étant sec ou humide, ou même le tonnerre se faisant entendre, il ne fut pas plus heureux que moi: il ne remarqua jamais aucun signe d'électricité. M. *Watson* n'eut point un meilleur succès à Londres, lorsqu'il y fit les mêmes observations.

Pour rendre compte néanmoins des observations qu'on a faites dans d'autres Pays, nous ne passerons point sous silence que le célebre *Lomonosow* observa, dans un tems de tempête, des aigrettes lumineuses & bruyantes, lorsqu'on les excitoit à l'extrêmité d'une barre de fer qui répondoit à une fe-

nêtre : ces aigrettes étoient longues de trois pieds, & avoient un pied de largeur (1). Le favant *le Monnier* établit, fur des bouteilles de verre bien feches, des barreaux de fer d'un pouce en quarré; il plaça cet appareil à 4 à 5 pieds au-deffus de la furface de la terre : il attacha à ces barreaux un fil de fer qui s'élevoit verticalement, & il tira des étincelles de ces barreaux. M. *le Monnier*, étant un jour monté fur un pain de réfine, qu'il avoit porté dans fon jardin, & ayant élevé en l'air un de fes bras, recueillit fuffifamment d'électricité pour qu'on pût tirer des étincelles de fon autre main (2). M. *de la Garde*, à Florence, ayant tendu en plein air une chaîne de fer, à laquelle il avoit fufpendu une autre chaîne, qui portoit à fon extrêmité inférieure une boule de cuivre, apperçut auffi-tôt une flamme qui parcourroit la longueur de la plus longue chaîne, en produifant un petit murmure femblable à celui de la poudre qui s'enflammeroit dans l'air; il reçut en même-tems, de la boule qu'il tenoit dans la main, un coup fi violent, qu'il la jetta brufquement devant lui, & il recula de quelques pas en arriere (3).

Une barre de fer de 99 pieds de hauteur, étant placée verticalement fur de la colophone, donna des étincelles bruyantes lorfqu'un nuage pluvieux, & qui laiffoit tomber de la grêle, paffa deffus, quoiqu'il n'y eut dans ce tems, ni éclair, ni tonnerre : cette obfervation fut faite à Paris par M. *Delor* (4). M. *Verrat* éleva fur l'Obfervatoire de Boulogne une verge de fer très longue, à laquelle étoit attachée une chaîne ; la verge de fer étoit établie fur une maffe de foufre : lorfque des nuages épais obfcurciffoient le ciel, quoique le tonnerre ne fe fît point entendre alors, on tiroit des étincelles de la chaîne, en lui préfentant une clef; lorfque le tonnerre grondoit, celui qui tenoit la chaîne recevoit une impreffion violente de la matiere électrique qui s'y répandoit : mais lorfqu'il pleuvoit, quoique le tonnerre continuât à fe faire entendre, on ne pouvoit tirer aucune étincelle de l'extrêmité de la chaîne. Dans un autre tems, M. *Verrat* obferva que le ciel, étant couvert de nuages, quoique le tonnerre ne grondât pas, & que la pluie commençât à tomber, il obferva, dis-je, des étincelles très curieufes & très vives. Dans un autre tems encore, que la pluie tomboit abondamment, il obferva que la chaîne fourniffoit des étincelles, pourvu qu'elle fût ifolée par le moyen d'un cordon de foie; mais ces étincelles cefferent de paroître dès que les nuages furent déchargés. Le même Phyficien, que nous venons de citer, a toujours obfervé que les fignes d'électricité, que lui fourniffoit fa chaîne, étoient précédés par la pluie (5).

Th. Marin de Boulogne éleva fur le toit de fa maifon une verge de fer, à laquelle il adapta une chaîne qu'il tendit; il tira de cet appareil des étincelles, dans un tems où une pluie très fine fe tamifoit à travers l'atmofphere : & ces étincelles difparurent dès que la pluie augmenta, & qu'elle tomba en plus groffes gouttes. Lorfque la pluie étoit très fine, & qu'elle voltigeoit dans l'atmofphere fous la forme de petits nuages, il n'obfervoit aucun figne d'électri-

(1) Philof. Tranf. Vol. 48. part. 2. pag. 772. & in Annuis Sacris, ann. 1753, pag. 25.
(2) Hift. de l'Acad. Roy. ann. 1752. (3) Journ. des Sav. ann. 1733. Octob. pag. 222.
(4) Philof. Tranf. Vol. 48. p. 370. (4) Commentar. Bonon. Vol. 3. p. 200.

cité. Dans un autre tems, la pluie tombant abondamment, & le tonnerre grondant dans l'air, il tiroit des étincelles de sa chaîne, deux secondes avant que le tonnerre se fît entendre ; & ces étincelles étoient un présage certain du coup de tonnerre qui les suivoit. Dans un autre tems encore, le tonnerre se faisant entendre sans qu'il plût, il n'observa aucun signe d'électricité; mais dès que la pluie commença à tomber, l'électricité fut assez forte pour enflammer de l'esprit de vin, qu'il avoit fait chauffer. En continuant ses observations, il remarqua que la pluie, tombant plus abondamment, l'électricité disparut, & il n'en vit plus aucun signe pendant 4 jours consécutifs, pendant lesquels la pluie continua à tomber. Le même Observateur éprouva au mois d'Octobre suivant, que l'électricité étoit très foible, tandis que la pluie tomboit très légérement ; mais la pluie venant à augmenter, & étant accompagnée du tonnerre, l'électricité disparut tout-à fait. Dans le mois de Novembre suivant il parut des éclairs sans tonnerre ; il tomba des gouttes de pluie fort larges, & il tira de son appareil de très fortes étincelles : mais la pluie augmentant, l'électricité s'affoiblit. Un jour du même mois, un vent d'Ouest soufflant, & la pluie commençant à tomber sans qu'il tonnât, l'électricité fut très forte ; mais elle s'évanouit si-tôt que la pluie augmenta. Un autre jour, un nuage épais s'étant approché de la terre, & étant accompagné de pluie, tandis qu'un vent d'Est souffloit, il ne remarqua aucun signe d'électricité. Dans l'hiver, quoiqu'il plût, ou qu'il tombât de la neige, qu'il tonnât, ou qu'il tombât de la grêle, il n'observa aucune marque d'électricité.

Il suit des observations que nous venons de rapporter, qu'il y a souvent une grande quantité de matiere électrique répandue vers la surface de la terre ; quelquefois qu'il s'y en trouve très peu, & d'autres fois qu'il n'y en a point du tout. On y en remarque sur-tout, lorsqu'il tonne & qu'il éclaire, & qu'après une *bonace*, les nuées, se convertissant en pluie, cette pluie commence à tomber. Pendant l'été, lorsque cette saison est seche, on remarque une assez grande quantité de matiere électrique disséminée dans l'atmosphere ; mais il s'y en trouve beaucoup moins lorsque l'été est humide ; l'atmosphere est presque toujours dépourvu de cette matiere pendant l'hiver. Cette électricité naturelle s'affoiblit insensiblement lorsque le soleil quitte notre horison ; deux heures après que le soleil est couché, on ne remarque plus aucun signe qui laisse manifester la présence de la matiere électrique, même pendant l'été, & elle ne recommence à paroître que vers les 8 à 9 heures du matin, ainsi que l'ont observé MM. *le Monnier* (1), *Marcas* (2), *Canton* ; à moins que ce ne soit dans les tems où une aurore boréale se fait remarquer.

§. DCCCCXIV. Il y a une plus grande quantité de matiere électrique répandue dans la région supérieure de l'air, que dans la région inférieure ; mais nous n'avons pas encore d'observations assez constantes pour juger des bornes qui circonscrivent l'étendue de cette matiere, & nous ne savons pas encore si elle réside continuellement dans les régions supérieures de l'atmosphere, & s'il s'y en trouve toujours la même quantité.

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1752. (2) Philos. Trans. Vol. 48. p. 370.

L'ingénieux *Franklin*, qui a fait ſur cette matiere des découvertes très curieuſes, imagina de lancer en l'air un cerf volant, & de ſoutirer, par ſon moyen, la matiere électrique des régions ſupérieures, & de la conduire juſques vers la ſurface de la terre : invention très ingénieuſe, qui nous met à portée d'éprouver plus manifeſtement la ſituation des régions ſupérieures de l'air, que par toutes les tentatives qu'on pourroit faire ſur les lieux les plus élevés. Car on ſavoit déja, par les ſoins de *Franklin*, de *Dalibar*, de *Delor*, de *le Monnier*, de l'Abbé *Nollet*, de *Winkler*, que les régions ſupérieures de l'air étoient ſurchargées d'électricité dans les tems orageux, & lorſque le tonnerre ſe faiſoit entendre; on ſavoit que les barres de fer fort élevées laiſſoient voir à leur extrêmité des aigrettes lumineuſes, & qu'on en tiroit de fortes étincelles Lorſque, aidé des ſecours du Baron *Van der Does, Torpacha de Langenveld*, nous nous promenions enſemble le long du rivage de la mer, d'où nous lancions un cerf-volant, ſans pouvoir recueillir aucun ſigne certain d'électricité, nous réſolûmes de monter, & nous montâmes, juſques ſur le ſommet des plus hautes montagnes ſablonneuſes de Noordwik, d'où nous lançâmes de nouveau notre cerf-volant, qui ſe chargea d'une grande quantité de matiere électrique, qui parvint juſqu'à nous qui tenions à la main le cordon de ſoie auquel la chaîne étoit attachée; de ſorte qu'en très peu de tems, nous tirâmes d'un tube de fer, qui communiquoit avec la chaîne, & à l'aide d'une clef, de fortes étincelles qui partoient avec bruit, & qui répandoient autour d'elles une odeur ſulfureuſe.

Le même jour, qu'un fil de fer diſpoſé horiſontalement à Warmond, ne donnoit aucun ſigne d'électricité, un cerf-volant, porté fort haut dans l'air, nous en donna des marques très ſenſibles; nous en tirâmes des étincelles très piquantes, & la matiere électrique s'échappoit du fil de fer, en produiſant un ſifflement. Le 16 de Septembre de l'année 1756, l'aquilon ſoufflant légérement, le ciel étant parfaitement ſerein, ſans nuages, & très ſec, le mercure ayant 29 pouces de hauteur dans le barometre, & la température étant de 71 degrés, le vent éleva dans l'air un cerf-volant, dont le fil de fer avoit 700 pieds de longueur, terminé de notre côté par une clef qui y étoit pendante : lorſque nous approchions le doigt de cette clef, elle donnoit une très forte étincelle, qui en partoit avec éclat, & qui excitoit une commotion ſelon toute la longueur du bras; lorſque nous touchions de l'autre main un arbre, qui étoit planté dans l'endroit où nous faiſions notre obſervation, & que nous touchions la clef avec l'autre main, dans le même moment, les deux bras étoient frappés auſſi violemment que ſi l'arbre & le fil euſſent agi conjointement : l'exploſion, qui accompagnoit l'étincelle, pouvoit ſe faire entendre à la diſtance de 100 pieds; la matiere électrique répandoit dans cet endroit une odeur ſulfureuſe, mais qui n'avoit cependant aucune ſaveur bien ſenſible. Toutes les feuilles vertes qu'on retiroit alors de l'eau, donnoient des étincelles très petillantes; en approchant la main auprès du fil de fer, il paroiſſoit comme enveloppé d'une toile d'araignée : l'électricité de ce fil de fer n'étoit point continuelle; il y avoit conſtamment dix ſecondes d'intervalle, entre une étincelle qu'on en pouvoit tirer, & celle qui la ſuivoit. Cette obſervation fut faite à Warmond.

Lorſque le vent devenoit plus véhément, le cerf-volant s'élevoit davan-

tage, & l'électricité devenoit plus forte ; les étincelles qu'elle donnoit étoient plus piquantes : lorſque le vent s'affoibliſſoit, le cerf-volant deſcendoit, & l'électricité devenoit plus foible.

J'obſervai les mêmes effets à ſix heures après midi, le 14 Juillet de l'année 1757, en répétant ces expériences à Noordwik avec le Baron *Van der Does*, le ciel étoit preſque ſerein, & un vent d'Eſt ſouffloit.

Le 20 Juillet, un violent orage s'étant élevé ſur les 7 heures du ſoir, je lançai en l'air un cerf-volant, le fil de fer donna alors des exploſions très promptes & très fortes ; quelquefois elles partirent avec l'éclair, mais elles ceſſoient lorſque le tonnerre grondoit : ces étincelles ſe ſuccédoient avec une très grande rapidité, & produiſoient des éclats, qui pouvoient être entendus de très loin. Ayant approché de la tête d'un chien, d'un bouc, d'un jeune taureau, le fil de fer, ces animaux furent frappés ſi violemment, qu'ils prirent auſſi-tôt la fuite, & qu'ils ne voulurent jamais ſouffrir qu'on les exposât à la même tentative. Nous fimes une chaîne, en nous donnant la main ; un de ceux qui faiſoient partie de la chaîne, ayant touché au fil de fer, nous fumes tous auſſi-tôt frappés.

§. DCCCCXV. On n'obſerve pas toujours que le fil de fer devienne électrique, lorſqu'on porte le cerf-volant, qui y eſt attaché, à la hauteur de 600 pieds au-deſſus de la ſurface de la terre : en effet, nous lançâmes à Noordwik, un après midi, vers le milieu du mois d'Août 1757, un cerf-volant, tandis que le vent d'Aquilon ſouffloit aſſez modérément, & que le ciel étoit couvert de nuages, & nous ne découvrimes aucun ſigne d'électricité ; la pluie ſurvint, & nous n'obſervâmes pas pour cela que le cerf-volant eût puiſé la moindre quantité de matiere électrique.

Le 8 Septembre 1756, M. *Edens* fit élever fort haut dans l'air un cerf-volant ; les nuages paroiſſoient embraſſer l'horiſon, & il n'en paroiſſoit aucun dans toute l'étendue mitoyenne du ciel : depuis 5 heures juſqu'à 6 heures du ſoir, que dura ſon obſervation, il ne remarqua aucun ſigne d'électricité : un vent d'Eſt ſouffloit alors.

Il arrive quelquefois que certains nuages blancs ſurviennent, & paſſent au-deſſus du cerf-volant, ces nuages détruiſent une partie de l'électricité du cerf-volant. M. *Canton* a auſſi obſervé des nuages qui étoient dépourvus de matiere électrique (1). M. *de Romas* en a obſervé de pareils : c'eſt ce qui fait que l'électricité s'évanouit pendant quelques minutes. Pour l'ordinaire les nuages noirs & opaques ſont ſurchargés de matiere électrique ; un nuage d'une grande étendue communique de l'électricité au cerf-volant, quoiqu'il en ſoit encore bien éloigné : & cette vertu électrique augmente à proportion qu'il s'approche ; mais auſſi elle diminue & s'affoiblit à proportion que le nuage s'éloigne du cerf volant.

Quoiqu'il n'y ait aucun ſigne d'orage, pourvu qu'on remarque courir dans le ciel des nuages d'une grande étendue, & qu'ils ſoient fort agités par l'action des vents qui les pouſſent, le ciel eſt fort électrique.

Lorſque la pluie ſuit une *bonace*, & qu'on éprouve enſuite quelques ſignes d'électricité ; c'eſt un préſage certain, qu'un vent impétueux va s'élever.

(1) Tranſ. Philoſ. Vol. 48. p. 356.

§. DCCCCXVI.

§. DCCCCXVI. Ne peut-on pas conclure, d'après les obſervations que nous venons de rapporter, que la matiere électrique n'eſt pas toujours également répandue dans toute l'étendue de l'atmoſphere; mais qu'elle eſt quelquefois plus abondante dans les régions ſupérieures, quoique l'air ſoit très raréfié dans cet endroit ? Ne pourroit-on pas dire que cette matiere coule d'un lieu dans un autre, de même qu'un vent qui ſouffle irrégulierement, & qu'elle s'attache, par préférence, à quelques corps qu'elle rencontre dans l'immenſité des cieux qu'elle parcourt, par exemple, à tous ces nuages noirs, qui ſont toujours fort électriques; mais qu'elle ne ſe jette pas ſi abondamment, ou, pour mieux dire, qu'elle ne ſe porte qu'en petite quantité ſur certains corps qu'elle rencontre dans ſon paſſage, par exemple, ſur ces nuages blancs qui ne paroiſſent point électriques? Ne pourroit-on pas croire qu'il ſe trouve quelquefois dans l'atmoſphere des eſpaces qui ſont dépourvus, pendant quelque tems, de matiere électrique, & qui en ſont enſuite ſurchargés dans d'autres tems ? Seroit-il poſſible d'aſſigner le réſervoir commun de ce fluide? eſt-il renfermé dans les entrailles de la terre, ou ſeroit-il placé dans quelques-unes des régions de l'atmoſphere ? C'eſt ce que nous n'avons pas encore examiné aſſez ſérieuſement, & ce que nous ne connoiſſons pas encore parfaitement. Je ne nie cependant pas pour cela, que la matiere électrique réſide, ſinon dans tous, au moins dans un grand nombre de corps qui appartiennent à la ſurface de la terre, & qu'elle paſſe de-là dans les machines, & dans certains inſtrumens qu'on frotte; néanmoins cette matiere devient plus abondante lorſque les machines électriques, dont on ſe ſert pour faire des expériences, ſont établies ſur des parquets élevés dans des endroits qui renferment une grande maſſe d'air, que lorſqu'elles ſont établies ſur terre, ou ſur le pavé.

§. DCCCCXVII. Toute humidité aqueuſe, ſoit végétale, ſoit animale; dont on frotte extérieurement, ou intérieurement, les corps *idioélectriques*, détruit auſſi-tôt la vertu électrique qu'on leur a imprimée : il en eſt de même des différens vins, du vinaigre, des eſprits diſtillés, des baumes, de certaines huiles diſtillées, de toutes les graiſſes, &c.

Un diamant, rendu électrique & lumineux par le frottement, perd ſa vertu électrique, quoiqu'il continue à jetter de la lumiere, ſi on porte ſon haleine contre ſa ſurface. Si vous ſoufflez dans un globe de verre, ou dans un tube, après les avoir électriſés, ils perdront auſſi-tôt la vertu électrique dont ils jouiſſent; mais vous leur rendrez cette même vertu, ſi vous injectez de l'air ſec dans leur capacité, par le moyen d'un ſoufflet. Toutes les ordures qu'on jette dans un tube, ou dans un globe, leur font perdre leur vertu électrique. Il faut cependant excepter de cette regle le ſoufre, & la cire à cacheter, leſquels, étant fondus dans un tube, & s'attachant enſuite à ſa ſurface intérieure, ne nuiſent point à ſa vertu électrique. Au rapport de l'Abbé *Nollet* (1), les huiles légeres & volatiles ne ſont point nuiſibles à cette qualité; telles ſont les huiles récentes de térébenthine & de romarin.

2°. L'attouchement des corps non-électriques détruit pareillement la vertu

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1747.

électrique, sur-tout si on répete plusieurs fois cet attouchement : c'est pour cela que si on accumule une certaine quantité de matiere électrique dans de l'eau, ou dans du mercure, dans lesquels plonge un fil de métal, & qu'on touche ensuite avec le doigt, ou avec un autre fil de métal, celui qui plonge dans les liqueurs dont nous venons de parler, on détruira toute l'électricité accumulée dans ces liqueurs; ou au moins on en emportera une grande partie, & celle qui y subsistera, après ce premier attouchement, en sera emportée par les attouchemens suivans : ce moyen néanmoins ne peut point détruire la vertu électrique de la tourmaline.

3°. La transpiration de ceux qui ont les pores extrêmement ouverts, & la texture de la peau très lâche, produit le même effet; elle détruit la vertu électrique des corps auxquels on l'a communiquée.

4°. La flamme, sur-tout celle des substances grasses, lorsqu'elle se porte sur les corps électriques, produit sur eux la même chose : en effet, si on approche un tube de verre récemment frotté, de la flamme d'une chandelle, ou d'une lampe, en seroit-il éloigné de 12 à 15 pouces, on remarque aussi-tôt que ce tube perd sa vertu électrique, ou au moins qu'elle est considérablement diminuée. Le célebre Abbé *Nollet* disposa 30 chandelles allumées, en forme de cercle, dont le diametre étoit de 8 pieds; il se plaça au centre de ce cercle, & frotta, pendant long-tems, un tube de verre, qui ne devint que très peu électrique, & même le peu d'électricité qu'il lui communiqua, se dissipa en peu de tems : mais, ayant fait éteindre les chandelles, le tube devint fortement électrique. Il suit de cette observation, que, si on veut répéter quelques expériences sur l'électricité pendant la nuit, il faut avoir attention de ne point allumer un grand nombre de chandelles dans l'endroit où l'on fera ces expériences. La flamme, en effet, des corps qui se consument par le feu, est composée de vapeurs & d'huiles, qui se répandent de tous côtés autour de cette flamme; ces vapeurs forment même une atmosphere sensible autour d'elle : mais ces vapeurs, ainsi que ces parties huileuses, lorsqu'elles sont atténuées, se répandent au loin dans l'air, & emportent rapidement avec elles la matiere électrique du tube. C'est pour cette raison que, si on approche d'une lanterne de verre, de corne ou de papier, un tube de verre récemment frotté, & qu'on tienne ce tube contre les parois de cette lanterne, à la hauteur de la flamme de la chandelle qui y est allumée, ce tube conservera pendant quelque tems sa vertu électrique; mais il la perdra aussi-tôt, si on l'approche au-dessus de la lanterne, vers les endroits où sont placées les ouvertures qui donnent passage à la fumée. C'est pour cette même raison qu'un tube électrique perd sa vertu électrique, si on le place au-dessus de quelques charbons allumés, & qui jettent encore quelques exhalaisons; mais qu'il la conservera, si ces charbons sont suffisamment dépouillés de parties aqueuses, pour ne plus fournir d'exhalaisons. Pareillement si un morceau de fer est échauffé au point d'étinceler, il répandra autour de lui des parties métalliques & huileuses, qui lui formeront une atmosphere : cette atmosphere détruit aussi-tôt l'électricité d'un tube de verre frotté; mais si ce fer est moins chauffé, & qu'il ne répande point autour de lui de parties métalliques & huileuses, ou qu'il n'en répande pas suffisamment pour se former une atmosphere, il ne pourra point nuire à la

vertu électrique. Un feu pur ne nuit point à l'électricité ; car si on place un tube de verre électrique au foyer d'un grand miroir ardent, quelque violente que soit la chaleur qu'il y éprouve, la pureté du feu qui l'entoure ne nuira point à son électricité.

5°. Les fumées nuisent aussi à l'électricité, soit qu'elles soient produites par des substances fortement chauffées & non embrasées, soit qu'elles soient produites par des substances embrasées ; & il suffit de présenter le tube à 7 à 8 pouces de distance au-dessus de ces matieres. Le célebre Abbé *Nollet* a fait plusieurs expériences avec la fumée de soufre, de cire, de gomme lacque, de succin, de térébenthine, de graisse, d'os, de laine, de coton, de tabac, &c ; & il observa toujours que l'électricité étoit considérablement diminuée, quoiqu'elle ne fût pas totalement détruite. En répétant avec soin ces différentes observations, je me suis apperçu que l'électricité résistoit davantage à la fumée de certaines substances, & qu'elle s'affoiblissoit moins ; par exemple, elle résiste davantage à la fumée de la gomme lacque, de la térébenthine, du succin, du soufre, de la poix, du bitume de Judée, de la colophone, de la graisse de mouton, qu'à la fumée de la graisse de bœuf, de veau, qu'à celle du linge & de différens bois : mais aucune ne détruit plus promptement l'électricité que la fumée de la graisse de cochon. Bien plus, si on fait fondre de la graisse de cochon dans un vase de cuivre, & qu'elle commence à répandre une odeur ; si on expose alors au dessus du vase un tube de verre électrisé, il perd totalement sa vertu électrique dans l'espace de 6 secondes. La fumée de blanc de baleine produit le même effet aussi promptement, quoique la flamme qu'il jette soit très pure. Il paroît que la fumée détruit la vertu électrique, par rapport aux parties aqueuses qu'elle contient ; & il suffit pour cela d'approcher le tube électrique à la distance de 8, 10, ou même 12 pouces des substances qui fument, à une plus grande distance la fumée ne produit point un si grand effet (1).

§. DCCCCXVIII. On parvient à augmenter la vertu électrique des corps *sympériélectriques*.

1°. En faisant usage de globes de verre épais, d'un grand diametre, & d'un verre bien électrique, en les faisant tourner très rapidement lorsqu'on les frotte, & en ne les frottant pas trop fortement, ni trop foiblement : si on les frotte avec des coussinets, il faut placer ces coussinets de façon qu'ils répondent à l'équateur des globes, vers le milieu de leur hauteur; c'est-à-dire, qu'ils répondent à la hauteur des pivots sur lesquels ils roulent : il faut aussi avoir soin que le canal de fer, ou la barre de fer, qui est isolée, & qui doit recevoir l'électricité du globe, réponde à la partie qui est en contact avec le coussinet.

2°. On se sert encore, pour augmenter la force de l'électricité, de plusieurs globes qu'on fait agir en même-tems : par cette méthode de MM. *Boze*, *Winkler*, *Watson*, on communique une plus grande force électrique, & elle peut être augmentée, par ce moyen, au point que les étincelles qui en partent, peuvent blesser ceux qui les tirent : l'explosion de ces étincelles produit un son clair & fort ; & les forces attractives & répulsives sont telles,

(1) Recherch. sur l'Electr. p. 192.

qu'elles agissent & qu'elles maîtrisent des corps d'un certain poids : outre cela, il se répand autour de ces globes une odeur de phosphore, qui s'étend jusqu'à la distance de 6, 7, & 8 pas. A la vérité, la force de l'électricité ne croît pas comme le nombre des globes dont on fait usage ; l'augmentation de cette force est toujours au-dessous du nombre, suivant lequel on les multiplie : ainsi que l'ont très bien observé MM. *Watson* (1), & *le Monnier* (2) ; & j'oserois même assurer qu'on ne parvient point à doubler la force de l'électricité, en faisant mouvoir 4 globes pour un.

3°. On augmente la force de l'électricité, lorsqu'on suspend en l'air, à des fils de soie, des fils de métal, ou des chaînes de même matiere, très longues & très nettes, & qu'on les fait communiquer, ou avec le tube de fer blanc, qui communique lui même avec le globe, & que nous supposons très long, & dont le diametre est au moins de 3 à 4 pouces, ou qu'on fait communiquer ces chaînes avec une forte barre de fer, qui tient la place du tube dont nous venons de parler : cela posé, lorsqu'on frotte le globe, & que la matiere électrique qu'il contient, se jette & se répand sur tous les corps, avec lesquels il communique, la matiere électrique de ces mêmes corps, ainsi que celle qui est répandue dans la masse d'air qui les enveloppe, se porte vers le premier conducteur, & vers le globe, avec plus d'abondance, & l'explosion des étincelles devient beaucoup plus forte. Il faut observer ici, que le tube de fer, ou la barre de même métal, qui servent de conducteur à la matiere électrique, & qui sont suspendus à des cordons de soie, ou qui sont posés sur de la cire, doivent être disposés perpendiculairement à l'axe du globe, & être situés à la même hauteur que le coussinet.

4°. On augmente encore la force de l'électricité, lorsque, par le moyen de plusieurs globes, on charge de matiere électrique une grande quantité de limaille de fer, de grature d'étain, de menu plomb, de mercure, de glace, d'eau, sur-tout si elle est chaude (3), ou qu'on ait fait dissoudre dedans du sel de nitre (4) ; ces différentes substances, étant renfermées dans plusieurs bouteilles de verre très grandes, ou dans des vases de porcelaine, bien secs au-dehors, & revêtus extérieurement, jusqu'à une certaine hauteur, de feuilles d'or, ou d'une feuille de plomb très mince : on peut laisser ces bouteilles ouvertes, ou on peut les boucher avec du liege, & cacheter les bouchons avec de la cire d'Espagne, ayant soin de faire passer par ces bouchons un fil de fer, qui pénetre jusqu'à l'eau qu'elles contiennent, ou jusqu'à la limaille de fer qui y est renfermée : il faut, outre cela, que ces bouteilles soient placées sur des plateaux de métal, ou sur un grand vase de métal, auquel soit attachée une chaîne de même matiere, dont l'autre extrêmité communique avec une grande masse de métal, placée sur le plancher ; ou qu'on tienne chaque bouteille avec la main, & que les fils de métal qui plongent dedans soient attachés au tube de fer qu'on électrise. Par ce moyen la matiere électrique, qui passe du globe au tube de fer, se jette dans les bou-

(1) Sequel to the Experiments. (2) Philos. Trans. n°. 481. p. 250. (3) Jallabert, sur l'Electr. p. 114. Watson, Account of the Electr. experiment. (4) Winkler de avertendi fulminis artificio.

teilles, en se portant le long du fil de métal conducteur,& les remplit telle-ment, qu'elle demeure pendant long-tems adhérente à la substance du verre, & que ces bouteilles brillent, pendant ce tems, d'une lumiere très vive. Il y a quelques Physiciens qui versent dans ces bouteilles une eau gommée, & qui en enduisent une grande partie de leurs surfaces intérieures, & qui mettent ensuite dans ces mêmes bouteilles de la mine de plomb réduite en poussiere; cette poussiere s'attache à l'eau gommée, dont la surface intérieure est enduite, & par ce moyen ils garnissent intérieurement ces bouteilles jusqu'à la même hauteur, qu'ils ont soin de les revêtir extérieurement de quelques feuilles de plomb : ils font sortir ensuite de ces bouteilles toute la mine de plomb qui ne s'est point attachée à leurs parois, & ils les laissent sécher; lorsqu'elles sont seches, ils les bouchent avec du liege, à travers lequel ils font passer un fil de fer, qui descend à quelques lignes près du fond de ces bouteilles : ils attachent autour de ce fil de fer de petites bandes de papier doré, qui touchent les parois de ces bouteilles, & qui servent de conducteur à la matiere électrique pour s'y porter.

5°. Il faut avoir soin de laver tous les jours, avec de l'eau, la machine dont on se sert pour faire tourner le globe, afin de la nettoyer, & d'en ôter toutes les ordures qui pourroient s'y attacher : cette machine doit être faite de bois de chêne, ou au moins d'un bois qui ne soit point résineux; car toute résine quelconque nuit aux effets de l'électricité : il faut, outre cela, établir cette machine sur un parquet, à la propreté duquel il faut aussi veiller, & par conséquent qu'il faut laver avec la même attention que la machine. Pour rendre encore les effets de l'électricité plus sensibles, il faut charger la machine électrique de plusieurs poids de fer,unis entr'eux par une chaîne; afin que la matiere électrique puisse se porter à la machine & au globe : c'est pour cette même raison qu'on peut suspendre au dessus du globe plusieurs grands tubes de fer, qui communiquent ensemble, par le moyen de quelques chaînes; ils augmentent considérablement les effets de l'électricité.

6°. On peut encore, outre cela, faire usage d'un grand plateau de verre rond, de l'espece de ceux dont les Vitriers se servent pour faire les vitres des croisées; il faut garnir ce plateau des deux côtés, jusqu'à un pouce & demi de ses bords, avec des feuilles de papier doré : un plateau ainsi garni, rassemble une grande quantité de matiere électrique, lorsqu'on dirige sur lui, par le moyen d'un fil de fer qui pend du tube conducteur, & qui tombe sur ce plateau, la matiere électrique qu'on excite dans le globe qu'on frotte; par ce moyen, le fluide électrique se jette dans la substance du verre, la remplit, & ne s'en échappe pas promptement, sur-tout par rapport au papier doré qui le recouvre, & qui est collé sur ses surfaces.

Lorsqu'on approche de ce plateau un corps non-électrique, la matiere électrique du plateau se porte aussi-tôt vers ce corps, &, faisant effort pour se jetter dans la substance de ce corps, elle perce aussi-tôt le papier qui couvre le plateau; de sorte que ce plan de verre produit le même effet qu'une grande bouteille de verre, dont la surface intérieure & extérieure seroient garnies de feuilles de métal. L'étincelle qui partit de ce plateau perça une fois 12 cartes à jouer; elle peut même percer plusieurs morceaux de cuir de

veau, semblable à celui dont on fait les souliers (1). M. l'Abbé *Nollet* rapporte qu'il a observé que la matiere électrique perçoit quelquefois les bouteilles qui en étoient chargées, & y faisoit un trou de 2 à 3 lignes de diametre, qui laissoit voir plusieurs fentes autour de sa circonférence ; & il assure bien plus, qu'on peut toujours casser ces sortes de fioles par une grande abondance de matiere électrique (2) (3).

7°. Non seulement le verre, mais encore le talc, sont très propres à rassembler une grande quantité de matiere électrique. Ayant posé un morceau de talc sur une barre de fer, & ayant couvert le talc avec la main, on fut frappé d'une forte commotion à l'autre main, avec laquelle on tiroit une étincelle de la barre de fer. Ayant placé une lame de talc entre deux plaques de fer, on posa sur la plaque supérieure une carte à jouer, qu'on y appliqua, à l'aide d'un fil de fer recourbé ; & ayant approché ensuite l'autre extrêmité de ce fil de fer de la barre de fer sur laquelle étoit posée la plaque de dessous, il en partit aussi-tôt une violente étincelle, qui perça la carte, & on trouva la feuille de talc également percée & fendue en différens endroits. Ayant doré le milieu de la surface d'un feuille de talc de 3 pouces $\frac{3}{4}$ de longueur, sur 2 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur, laissant tout autour une large marge à cette feuille sans être dorée ; la carte qu'on posa sur la dorure fut percée par l'étincelle qu'on en tira (4). Dans ces sortes d'expériences, il faut avoir soin de procurer un libre accès à la matiere effluente & affluente ; & c'est pour cela qu'il faut établir une communication entre la surface de la terre & les fioles qu'on charge d'électricité : car on ne pourra point parvenir à les charger de matiere électrique, si on les place sur du verre, sur de la soie, ou sur de la poix ; parceque, dans ce cas, on empêche que la matiere effluente se jette dans le parquet, & que la matiere affluente, qui vient du parquet, parvienne à ces bouteilles. Il ne faut cependant point que toute la matiere électrique, que le globe fournit à ces bouteilles, puisse s'échapper librement ; il faut nécessairement qu'elles en retiennent une certaine quantité : cette matiere s'échappe trop aisément de ces sortes de bouteilles, lorsqu'elles sont humides dans toute leur étendue, ou lorsqu'elles sont débouchées ; l'effluence de cette matiere n'est pas non plus assez empêchée, lors-

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1753. (2) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1753.

(3) Il n'est pas hors de propos de joindre ici la petite note que M. l'Abbé *Nollet* a ajoûtée lui-même à son Mémoire, qui étoit fait avant qu'il eût découvert un moyen infaillible de casser une bouteille. Cette note, qui sert de rétractation à ce qu'il avoit avancé dans ce Mémoire, & qui est une preuve bien convaincante de la bonne foi de cet habile Physicien, apprend de quelle maniere il faut s'y prendre pour casser une fiole. Il exige 1°. que la matiere électrique soit abondante, & que la fiole soit fortement chargée. 2°. Il veut, outre cela, que celui qui l'*empoigne* ait un de ses doigts distant de quelques lignes de la surface de la bouteille ; & il assure, qu'en observant ce procédé, on parviendra toujours à la casser. J'en ai cassé plus d'une douzaine en suivant exactement ce procédé ; mais je puis assurer aussi que j'en ai cassé plusieurs, sans observer la seconde condition, & lorsque je ne cherchois précisément qu'à les charger fortement, pour répéter l'expérience de Leyde, ayant souvent plus de 80 personnes dans mon cabinet, qui formoient toutes ensemble la chaîne.

(4) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1753. p. 76.

qu'elles ſont fêlées, ou qu'elles ſont faites d'un verre trop mou, peu électrique par lui-même, & lorſqu'elles ſont débouchées.

8°. Lorſqu'on met en uſage toutes les obſervations que nous venons de rapporter, on accumule une grande quantité de matiere électrique, & on augmente conſidérablement les effets de l'électricité.

§. DCCCCXIX. Quelque quantité qu'on puiſſe raſſembler de matiere électrique, on n'eſt pas encore parvenu à en accumuler ſuffiſamment pour rendre ſon poids ſenſible, même à l'aide de la balance la plus exacte. En effet, lorſqu'on veut éprouver de petites fioles, qui peuvent, à la vérité, être ſuſpendues à de légeres & de petites balances, le peu de matiere électrique que ces fioles peuvent contenir, ne peut point faire trébucher le bras de la balance: ſi on veut donc faire cette épreuve avec de plus grandes fioles, qui peuvent, à la vérité, raſſembler une plus grande quantité de matiere électrique, on ſera néceſſairement obligé de ſe ſervir de plus groſſes balances; mais comme ces ſortes de balances ne ſont pas extrêmement mobiles, & qu'elles ne ſont pas propres à peſer de très petits poids, on ne peut pas mieux juger du poids de la matiere électrique, qui eſt toujours au-deſſous de celui qui pourroit faire trébucher ces ſortes de balances. Le célebre *Boze* nous apprend qu'il a électriſé, pendant pluſieurs heures, un millier de corps, à l'aide de 3, & même de 4 globes, qu'il faiſoit agir en même-tems, ſans que le poids de ces corps ait changé (1). L'Abbé *Nollet* a auſſi obſervé que l'électricité, portée pendant long-tems ſur des corps ſolides, ne leur faiſoit perdre aucune partie de leurs poids; mais il peut bien ſe faire que le changement, qui arrive dans le poids de ces corps, ſoit trop petit, pour qu'il puiſſe devenir ſenſible à l'aide d'une balance.

§. DCCCCXX. L'électricité, excitée dans un tube de verre, ou dans un globe de même matiere, peut être recueillie, ſi on place auprès de ce globe une groſſe barre de fer, ou un tube de métal, gros & long, dont les deux extrêmités ſoient arrondies, & vers le milieu duquel on laiſſe pendre une chaîne de métal, terminée par une ou deux franges d'or, qui flottent ſur la circonférence du globe: il faut que ce tube, dont le diametre doit être environ de 3 à 4 pouces, ſoit poſé ſur des corps fortement *idioélectriques*; comme ſur du verre, ſur de la cire à cacheter, ſur des cordons de ſoie bleue, bien ſeche & bien nette: alors la matiere électrique ſe répand ſur toute la longueur du tube, & n'eſt point diſſipée par le corps *idioélectrique*, qui lui ſert de ſupport; parcequ'il eſt lui-même ſur-le-champ engorgé de matiere électrique, & qu'il empêche qu'elle ne ſe porte plus loin; mais ſi ce tube eſt poſé ſur des corps qui ne ſont point électriques par eux-mêmes, la matiere électrique, qui ſe jette ſur toute l'étendue de ce tube, ſe diſtribue alors, non-ſeulement à ce corps, mais encore à tous ceux qui l'avoiſinent, & ainſi de ſuite, de proche en proche: elle ſe diviſe tellement, qu'elle ne laiſſe aucun ſigne ſenſible de ſa préſence ſur toute l'étendue du tube. Il faut cependant obſerver ici, que, lorſque la matiere électrique qu'on communique, vient d'une fiole en partie remplie d'eau, ou de parties métalliques, cette matiere peut ſe manifeſter en traverſant pluſieurs fils métalliques, ou

(1) Comment novus de Electr. pag. 12.

plusieurs tubes d'une grande longueur, quoiqu'ils ne soient point placés sur des corps *idioélectriques*. Cet effet dépendroit-il de la grande abondance de la matiere électrique, qui est accumulée dans ces fioles, ou de quelqu'autre cause? Il nous paroit qu'il y a ici quelque secret que la Nature ne nous a pas encore permis de dévoiler.

§. DCCCCXXI. Examinons maintenant un autre phénomene électrique. Lorsqu'on frotte, dans l'obscurité, quelque corps *idioélectrique*, soit vitré, soit résineux, & qu'on excite efficacement la vertu électrique de ces sortes de corps, ils répandent autour d'eux une lumiere très vive, qui brille même quelquefois dans les endroits que celui qui frotte vient d'abandonner; mais cette lumiere n'est pas de longue durée. Le célebre *Jallabert* observa que l'ambre, le soufre, & la cire à cacheter, répandoient une lumiere moins vive que le verre; outre cela, que la lumiere de ces corps ne subsistoit point après le frottement, même dans les parties qui avoient été frottées: cela viendroit-il de ce que ces corps sont moins élastiques que le verre; que les frémissemens qu'on excite dans leurs parties, par le frottement qu'on leur fait éprouver, auroient moins d'étendue; que ces frémissemens cesseroient plutôt que ceux qu'on excite dans les parties du verre; & que, par ce moyen, ces frémissemens causent un moindre ébranlement, & qu'ils chassent moins de matiere électrique, que ceux qui sont produits dans des parties plus élastiques?

La lumiere du soufre est blanchâtre; mais aussi elle est composée de rayons extrêmement dilatés: & cette substance nous fait observer des phénomenes bien différens de ceux qui sont produits par toute autre substance (1).

§. DCCCCXXII. Si quelques objets sont placés dans le voisinage d'un corps *idioélectrique* qu'on frotte, & qu'ils soient plongés dans la sphere de son activité, on remarque quelquefois de petites étincelles qui s'éparpillent, & qui brillent sur la surface de ces objets, sans qu'elles paroissent avoir aucun mouvement, sans qu'elles fassent aucun bruit; & elles sont de différentes couleurs: quelquefois ces étincelles paroissent suspendues entre ces objets & le corps *idioélectrique*. Ces étincelles sont produites par la matiere électrique qui s'échappe des objets dont nous venons de parler; & comme il n'y a point de corps opposés à ces objets, qui fournissent une pareille matiere, la lumiere de ces étincelles doit être très foible, & ne produire aucun sifflement, ni aucun murmure dans l'air. Ces étincelles paroissent suspendues dans l'air lorsque le fluide électrique s'échappe, en même quantité des objets dont nous venons de parler, & du corps *idioélectrique* qu'on frotte; pour lors ces deux fluides, se rencontrant, forment un fluide plus dense dans l'endroit où ils se rencontrent, & y paroissent sensibles sous la forme d'une lumiere.

§. DCCCCXXIII. Si on rassemble les écoulemens électriques qui s'échappent d'un globe de verre d'un grand diametre, & qu'on les dirige de maniere qu'ils se portent le long d'un tube de fer, ou d'une barre de même matiere, qui se termine par une surface plane, ou par une pointe émoussée;

(1) Exp. sur l'Electr. Chap. 3. §. 49. p. 28.

ces écoulemens formeront dans l'air une aigrette lumineuſe, dont les rayons ſeront divergens, & dont le ſommet ou la pointe ſera appliquée à l'angle, ou à l'extrêmité de la barre, ou du tube : cette aigrette paroîtra ſous la forme d'un cône, dont la baſe ſera très large. Plus l'angle qui terminera la barre de fer ſera grand, & plus l'aigrette ſera grande & lumineuſe ; & elle ſera d'autant plus petite, & ſa lumiere ſera d'autant plus foible, que cet angle ſera plus aigu. Si la barre de fer eſt quarrée, l'aigrette qu'on remarquera à ſon extrêmité ſera très grande ; mais de toutes les aigrettes qui paroiſſent aux extrêmités de ces ſortes de barres, les plus belles ſont celles qu'on remarque à celles qui ſont arrondies, & auxquelles on préſente d'autres corps, dont les extrêmités ſont auſſi arrondies. Le célebre Abbé *Nollet* nous a donné une raiſon fort ſatisfaiſante de ce phénomene (1) ; il attribue cet effet à la réſiſtance de l'air, que l'aigrette, dont les rayons ſont divergens, rencontre ſur ſon paſſage : comme la matiere électrique afflue de toutes parts vers la barre arrondie, & qu'elle eſt déterminée à s'échapper vers ſon extrêmité, les rayons qui s'en échappent, deviennent auſſi tôt divergens ; par conſéquent ces rayons, devenant ſi promptement divergens, ſont extrêmement rares vers la baſe, & échappent, par ce moyen, à la foibleſſe de notre vue. Les plus forts de ces rayons excitent une ſorte de bruiſſement très ſenſible, ou un ſifflement qu'on peut entendre diſtinctement.

Ce ſifflement annonce la vîteſſe avec laquelle ces rayons, continuellement renouvellés, frappent la maſſe d'air qu'ils rencontrent ; & c'eſt par l'émanation de ces ſortes de rayons, que l'électricité ſe perd dans l'atmoſphere.

La pointe de l'aigrette eſt d'une couleur tirant ſur le rouge ; mais cette pointe, en ſe développant, & en formant un cône, prend auſſi tôt une couleur bleue pâle, ou purpurine ; & les rayons qui compoſent ce cône, ſont doués d'un mouvement de vibrations : l'amplitude de l'aigrette differe, ſuivant la quantité des écoulemens électriques, & la conſtitution actuelle de l'air. Souvent ces ſortes d'aigrettes ont deux, trois, & même quelquefois cinq pouces de longueur (2) ; quelquefois auſſi leur longueur ne ſurpaſſe pas celle d'un demi pouce. Le diametre de leur baſe a quelquefois plus de deux pouces de longueur ; mais, ſoit que l'aigrette ſoit plus grande, ou plus petite, la rareté que ces rayons acquerent, par rapport à leur divergence, ne permet pas qu'on puiſſe en diſtinguer les bornes. La lumiere de ces aigrettes eſt ſemblable à celle d'une petite flamme extrêmement rare, qui peut à peine éclairer les objets ſur leſquels elle tombe.

Si on répand par-ci, par-là, des gouttes d'eau, des grains de ſable, ou de la limaille de fer, ſur une barre de fer électriſée, & qu'on paſſe la main, à la diſtance de quelques pouces, au-deſſus de ces différens corps, on remarquera alors que chaque goutte d'eau, chaque grain de ſable, chaque portioncule de limaille de fer, fourniront des aigrettes lumineuſes ; & on en verra partir de ſemblables de la main qui ſe mouvera au-deſſus de ces différens corps : ſi la barre de fer ne ſe termine pas en pointe, on remarquera auſſi des aigrettes lumineuſes de part & d'autre, aux extrêmités qui la termineront ; parceque les écoulemens électriques ſe portent en plus grande abon-

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1747. fig. 5. 6. 7. (2) Recherch. ſur l'Electr. pag. 270.

dance vers ces endroits : & c'eſt auſſi pour cette raiſon, que l'odeur que la matiere électrique répand, ſe fait ſentir à l'extrêmité de la barre, & non vers ſon milieu. *Winkler* (1) rapporte qu'après avoir frotté les extrêmités de pluſieurs barres de fer avec du phoſphore, il en étoit ſorti des aigrettes de 6 à 7 pouces de longueur, & que ces extrêmités paroiſſoient embraſées. Lorſque le tems n'eſt pas favorable à l'électricité, il arrive ſouvent que les aigrettes lumineuſes ne paroiſſent point; mais alors ſi on approche la paume de la main vers l'extrêmité du tube, il en ſort une aigrette lumineuſe, qui ſubſiſte tant que la main reſte dans cette ſituation; il arrive quelquefois néanmoins que cette aigrette brille encore lorſqu'on a retiré la main : mais ces effets dépendent de la quantité de matiere électrique qui afflue en cet endroit. Lorſqu'une perſonne s'approche du tube électriſé, il s'échappe de cette perſonne une plus grande abondance de matiere électrique, qui ſe porte au tube : par ce moyen, les aigrettes deviennent plus fortes, & ſont alors viſibles ; parceque les deux courans de matiere électrique, qui ſuivent des directions oppoſées, ſe rencontrent, & s'entrechoquent.

§. DCCCCXXIV. Si on reçoit, ſur une grande lentille convexe, une aigrette lumineuſe, cette aigrette ſe répandra ſur toute la ſurface de cette lentille ; elle y paroîtra douée d'un mouvement d'ondulation, & ſe diviſera irrégulierement en pluſieurs parties: une partie de cette lumiere paſſera à travers la lentille, & pourra être reçue ſur un papier blanc; mais elle y paroîtra très foible & très rare.

§. DCCCCXXV. Si on fait paſſer à travers un priſme l'aigrette lumineuſe, qui ſe manifeſte à l'extrêmité de la barre de fer; cette aigrette, après avoir traverſé le priſme, paroîtra ſous une figure oblongue; mais revêtue de la même couleur qu'elle avoit avant d'avoir paſſé par le priſme : d'où il ſuit que la lumiere électrique ſe réfracte, ainſi que la lumiere du ſoleil, en paſſant par du verre; mais on ne peut pas voir diſtinctement ſi cette lumiere ſe ſépare en pluſieurs rayons différemment colorés.

§. DCCCCXXVI. Si on oppoſe directement à une barre de fer électriſée, une autre barre de fer, placée ſur du bois, & qui ne ſoit point du tout iſolée ; ſi cette derniere barre ſe termine en faiſant un angle, ou en formant une pointe de cône, & qu'elle ne ſoit éloignée de la premiere que de quelques pouces, de façon que l'électricité, communiquée à la barre iſolée, puiſſe ſe tranſmettre à celle qui ne l'eſt pas ; alors la matiere affluente, qui s'échappera de cette derniere barre pour ſe porter à la premiere, ſe mouvant dans une direction contraire à celle de la matiere effluente qui vient de celle-ci, formera une aigrette lumineuſe, dont la pointe ſera appliquée au ſommet du cône de la barre non iſolée, & dont la baſe ſera oppoſée à une aigrette ſemblable, que produira la matiere effluente qui s'échappe de la barre iſolée ; & ces deux baſes, oppoſées l'une à l'autre, ne ſe toucheront pas pour cela.

Mais ſi on approche inſenſiblement la barre non iſolée de celle qui lui eſt oppoſée, juſqu'à ce que les deux baſes de leurs aigrettes paroiſſent ſe toucher, ces baſes deviennent alors plus grandes ; mais leur grandeur diminue

(1) Electr. klaſt des Waſſers, cap. 3. §. 22. p. 18.

ensuite à proportion qu'on approche davantage les deux barres l'une de l'autre : enfin si on continue toujours à les rapprocher, insensiblement les deux cônes lumineux forment un petit cylindre d'un pouce de longueur, semblable à une aiguille ; & la lumiere du cylindre devient blanchâtre : mais, pour peu qu'on rapproche encore les deux barres l'une de l'autre, il se fait une explosion qui part avec un grand éclat ; la lumiere devient plus vive, & est semblable à celle d'une étincelle.

On peut substituer à la barre de fer non isolée, plusieurs autres corps qui produiront le même effet : par exemple, si un homme approche le doigt vers l'aigrette lumineuse qui paroît à l'extrêmité de la barre de fer électrisée, ou si un homme, étant isolé, est fortement électrisé, & qu'un autre homme, étant placé sur le plancher, ces deux hommes approchent chacun un doigt l'un vers l'autre, il partira une étincelle, qui frappera également les deux hommes ; puisque, dans ce cas, l'un reçoit toute la matiere électrique que l'autre fournit : une douleur vive accompagnera cette explosion ; le doigt de chacun de ces deux hommes se gonflera dans l'endroit qui aura été frappé, & il y paroîtra une petite tache livide, qui durera plus de 12 heures. Quelquefois cette explosion est si violente, que la peau qui la reçoit, en est blessée ; & il s'y fait même quelquefois une solution de continuité, qui laisse couler quelques gouttes de sang. Ces étincelles sont plus fortes lorsque l'extrêmité du corps qu'on approche vers la barre électrisée, est arrondie, comme l'anneau d'une clef, la boîte d'une montre : on se sert ordinairement, pour produire de fortes étincelles, d'un bouclier de cuivre creux, ou d'un des condiles de quelque phalange du doigt ; mais ces étincelles sont beaucoup plus foibles, lorsqu'on les excite avec un corps qui se termine en pointe.

Le petit cylindre lumineux de matiere électrique qui fournit une étincelle, n'est pas un écoulement continuel de matiere ignée ; quoiqu'il paroisse tel, lorsqu'on fait tourner très rapidement un globe de verre d'un grand diametre : il est formé de plusieurs étincelles intermittentes, qui se meuvent en sens contraire, mais qu'on ne peut pas distinguer parfaitement, eu égard à la rapidité de leurs mouvemens : ces étincelles sont produites par les écoulemens électriques de la matiere effluente & affluente. Lorsque ces écoulemens sont fortement condensés, ils forment une espece de foyer ; de sorte qu'au lieu d'occuper, comme auparavant, un espace de 1 ou de 2 pieds, ils ne forment plus qu'un cylindre de $\frac{1}{36}$, ou $\frac{1}{40}$ de pouce de diametre : & au point de contact, ils agissent contre les différens corps, ou contre les deux barres, avec une très grande impétuosité, en faisant une explosion éclatante.

L'explosion d'une étincelle, qui se fait avec éclat, prouve que l'air ambiant est frappé avec force ; & c'est ainsi que le son est produit par l'action d'un fluide qui agit avec véhémence contre un autre fluide : en effet, les écoulemens de la matiere affluente & effluente agissent, avec une extrême rapidité, les uns contre les autres ; &, agitant fortement l'air, par leur action simultanée, ils produisent un éclat.

Plus ces écoulemens simultanées sont abondans, & plus le son qu'ils produisent est éclatant. *Winkler* vint à bout de recueillir une si grande quantité

de ces écoulemens, que leur explosion produisit un éclat aussi fort que celui qui eût été formé par l'explosion d'un moyen fusil (1). *Watkins* nous a appris une autre maniere d'exciter des explosions électriques très éclatantes (2). Voici le procédé qu'il nous indique : posez sur le tube de fer une lame de cuir ordinaire, longue d'une aune, & placez-la de maniere, que le milieu de cette lame repose sur le milieu de la circonférence du tube, & que ses deux extrêmités soient pendantes : attachez au même tube une fiole de verre en partie remplie d'eau, & revêtue extérieurement d'une lame de plomb très mince; lorsque cette fiole sera chargée d'électricité, embrassez-la avec les deux branches d'une tenaille ordinaire, & tournez cet instrument de maniere que la tête de la tenaille vienne toucher le cuir à 6 pouces ou environ au-dessous du tube : il se fera alors une forte explosion, accompagnée d'un grand nombre d'étincelles très brillantes.

On ne tire jamais d'étincelles bruyantes lorsqu'il n'y a qu'un courant de matiere affluente, ou qu'un courant de matiere effluente; car, supposons qu'un homme, monté sur un pain de résine, frotte avec la main un globe qu'on fait tourner, & qu'il touche avec son autre main un tube de fer isolé : dans ce cas, la matiere électrique du tube, ainsi que celle de l'homme qui le touche, se porte à ce globe, d'où il ne s'échappe aucune matiere effluente. Par conséquent si un autre homme présente un de ses doigts auprès du tube, il n'en tirera point d'étincelle; parceque la matiere électrique de cette seconde personne se portera, à la vérité, au globe; mais il ne s'en échappera point de ce globe, pour se porter vers le doigt de cet homme : par conséquent il ne paroîtra point alors deux aigrettes lumineuses, opposées par leurs bases, & il ne partira point d'étincelle.

Quelquefois les étincelles éclatantes se succedent avec beaucoup de rapidité; quelquefois elles se suivent plus lentement, suivant que la matiere électrique afflue avec plus ou moins d'abondance : on peut observer aisément ce phénomene, par le moyen d'un cerf-volant, fort élevé dans l'air, lorsque l'atmosphere est surchargée d'électricité; les étincelles éclatantes qu'on tire avec une clef, de l'extrêmité du fil de fer, se succedent avec une extrême rapidité : mais quelquefois aussi une étincelle ne suit celle qui la précede, qu'après une ou deux minutes.

Le petit cylindre lumineux qui petille, ne prouve-t-il pas que la matiere électrique, qui auparavant étoit très rare, & qui paroissoit sous la forme d'une aigrette, est devenue très condensée ? Or quelle est la cause de cette condensation : car il paroîtroit plus naturel de croire que les petits rayons divergens, qui forment la base de cette aigrette, doivent acquérir une plus grande divergence, & augmenter l'amplitude de la base; puisque, dans cette occasion, il y a deux fluides, dont les courans opposés agissent l'un contre l'autre. Il se présente encore ici un autre phénomene surprenant à examiner, & dont nous devons la connoissance à *Watson* (3). Ayant électrisé un fil de métal de 12276 pieds de longueur, il observa que ceux qui tenoient ce fil étoient frappés très vigoureusement par l'étincelle qui en partoit,

(1) De avertendi fulminis artificio, p. 10. (2) Exper. 36. p. 56. (3) Account of the Experiments, p. 55.

mais le petillement étoit très foible, & il étoit beaucoup plus fort lorſque le fil étoit plus court.

§. DCCCCXXVII. L'aigrette lumineuſe qu'on remarque à l'extrêmité d'une barre de fer électriſée, eſt compoſée de rayons divergens, qui s'étendent en lignes droites, lorſque l'air eſt pur, ſec, électrique, & qu'il ne diſſipe point la matiere électrique; mais qu'il réſiſte plutôt à l'effort qu'elle fait pour ſe répandre. Si on approche lentement, & par degrés, un corps non-électrique vers cette aigrette, la matiere électrique commence à ſe porter vers ce corps, & les rayons de cette aigrette ſe fléchiſſent; & on peut les déterminer à ſe porter ſur toutes les parties du corps non-électrique, en-deſſus, en-deſſous, en arriere; de ſorte que ces rayons ſe courbent, & prennent différentes formes; tandis que la matiere électrique fait effort pour ſe répandre, & pour pénétrer le corps non-électrique qu'on lui préſente, & en même tems pour ſe renouveller & ſe fortifier par les écoulemens qui s'en échappent.

§. DCCCCXXVIII. Il y a pluſieurs corps dans la Nature qui ne produiſent point l'exploſion éclatante dont nous venons de parler, lorſqu'on les approche de l'aigrette lumineuſe qui paroît aux angles de la barre de fer électriſée, mais qui reçoivent ſeulement cette aigrette, ou qui en fourniſſent une ſemblable, dont la grandeur diminue à proportion qu'on les approche davantage, & enfin qui ne peuvent former, qu'avec peine, le cylindre lumineux, à moins qu'on ne les approche très près du corps électriſé. Ces corps ſont, pour l'ordinaire, fortement *idioélectriques*; tels ſont le ſoufre, le verre, la poix, l'ivoire, la corne, la cire à cacheter, le bois de gayac, le buis, &c.

Puiſque ces ſortes de corps, étant approchés de la barre de fer, n'excitent point d'étincelles qui s'en échappent avec une bruyante exploſion, on a ſoupçonné, non ſans ſujet, que ces ſortes de corps ne reçoivent, ni ne donnent librement, & avec abondance, des écoulemens électriques; de ſorte que, dans leur approche, il ne ſe trouve point une ſuffiſante quantité de matiere électrique, dont les écoulemens oppoſés puiſſent produire une bruyante exploſion, & puiſque les ſubſtances animales produiſent, dans cette occaſion les mêmes effets que les ſubſtances métalliques & que tous les corps qui ne ſont point électriques, il paroît qu'on doit ranger les ſubſtances animales dans la claſſe des corps *analectiques*, qui ne contiennent point ou qui ne contiennent que très peu de matiere électrique, mais qui ſe laiſſent aiſément pénétrer par les écoulemens de cette matiere. Il faut diſtinguer ici les ſubſtances animales de quelques-unes de leurs parties; ſavoir, des plumes & des poils, qui croiſſent ſur ces ſortes de ſubſtances.

§. DCCCCXXIX. Quand nous regardons, à travers un priſme, une aigrette lumineuſe, qui s'eſt changée en cylindre lumineux & bruyant; dans le moment que ce cylindre éclate, il paroît ſous la forme d'un ſpectre oblong qui laiſſe diſtinctement voir trois couleurs; ſavoir, du rouge, du verd & du bleu, ainſi qu'on les obſerve dans les rayons du ſoleil: & on remarque même que ces couleurs ont le même degré de réfrangibilité. La lumiere du cylindre eſt beaucoup plus denſe & plus vive que celle des aigrettes. Et c'eſt pour cela qu'on peut diſtinguer aiſément les différens rayons colorés, qui

composent un cylindre de cette espece ; tandis qu'on ne peut pas distinguer ceux qui entrent dans la composition d'une aigrette lumineuse ; parceque la lumiere y est trop rare.

Il suit de cette observation, que la lumiere qui accompagne les phénomenes électriques, est composée, ainsi que celle du soleil, de plusieurs rayons différemment colorés.

§. DCCCCXXX. Si on approche d'une aigrette lumineuse un miroir plan, ou concave, de cuivre mêlé avec de l'étain, de façon que la surface de ce miroir ne touche point encore à l'aigrette ; la rareté de sa lumiere fera qu'on n'appercevra point, ou qu'on n'appercevra qu'à peine, la réflexion de ses rayons : mais si on approche le miroir plus près, jusqu'à ce que la base de l'aigrette tombe sur la surface de ce miroir, & qu'elle se change en cylindre bruyant, ce cylindre ne sera pas réfléchi distinctement, de même qu'il arrive aux rayons du soleil, qui tombent sur un miroir, & qui se réfléchissent sous le même angle, sous lequel ils tombent sur la surface d'un miroir ; mais on n'appercevra ici qu'une espece de lumiere, qui se réfléchira vers différens points ; laquelle néanmoins pourra être tellement dirigée par le miroir, qu'elle tombera sur des corps voisins qu'elle éclairera.

§. DCCCCXXXI. Il suit des observations que nous venons de rapporter (§. 929 & 930), qu'une lumiere semblable à celle du soleil, au moins quant à quelques-unes de ses couleurs, accompagne les phénomenes électriques ; ou que la lumiere dont nous venons de parler est propre à la matiere électrique, & par conséquent qu'elle suit ses différens mouvemens, qui sont souvent des mouvemens d'ondulation, au moins irréguliers, & quelquefois en lignes courbes, comme on l'observe dans l'inflexion des aigrettes lumineuses.

§. DCCCCXXXII. Si, par le moyen d'un fil de métal, on conduit l'électricité, communiquée à une barre de fer, ou à un tube, dans une fiole de verre, bien nette extérieurement & intérieurement, cette fiole étant vuide d'air & de tout autre corps, & exactement bouchée (1) ; ou si on électrise fortement un vase de verre, en partie rempli d'eau, & qu'on le surcharge tellement de matiere électrique, que la quantité surabondante s'en échappe ; si alors quelqu'un placé sur le plancher, ou sur une grande planche de métal, ou dans une cuvette dans laquelle il y a de l'eau ; ou que cette personne, ayant les pieds nuds & humides, soit placée sur du métal, sur du bois, de la pierre, &c, & que saisissant d'une main le vase, elle tire de l'autre, avec le bout du doigt, ou avec un morceau de fer, une étincelle de la barre de fer ou du fil de métal ; cette étincelle, qui sera d'un rouge couleur de feu, sera très violente : elle excitera une commotion très forte dans la main, dans le bras, dans la poitrine, en un mot, dans tout le corps de cette personne : elle est quelquefois si terrible, qu'elle peut blesser celui qui la tire ; qu'elle peut même lui causer une fievre ardente, une hémorrhagie, ou quelqu'autre maladie, ainsi que je l'ai éprouvé, aussi-bien que M. *Winkler*, & plusieurs autres (2).

Dans cette expérience, la matiere électrique, dont le vase est considéra-

(1) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1747, p. 197. (2) Philos. Trans. Vol. 480. p. 211.

blément furchargé, fe diffipe totalement dans un inftant; & on ne peut exciter une pareille étincelle, que beaucoup de tems après: ainfi, dans cette expérience, les étincelles éclatantes & foudroyantes ne fe fuivent pas rapidement, comme celles dont il eft fait mention dans les § 914 & 926, qui imitent, par la rapidité de leurs explofions, un écoulement continuel de matiere ignée : au contraire, dans l'expérience préfente, ce n'eft qu'après un efpace de tems d'une certaine durée, qu'on parvient à exciter une explofion de matiere électrique.

§. DCCCCXXXIII. Si un vafe de verre, qui contient une certaine quantité d'eau, eft placé dans un vafe de métal, ou fi ce vafe de verre eft fufpendu à un fil de métal, recourbé en forme de crochet, de façon qu'il ne foit qu'à deux lignes ou environ de diftance au-deffus du vafe de métal; quiconque touchera ce dernier vafe avec la main, ou avec le doigt, & excitera avec fon autre main une étincelle, en approchant un de fes doigts de la barre de fer, éprouvera une commotion violente, qui fe fera fentir dans toute la longueur de fon bras (1). On éprouvera le même effet en plaçant verticalement un cylindre de verre bien fec fur une platine de métal, pofée fur un pain de réfine, & en laiffant pendre, de la barre de fer, une chaîne de métal, qui defcendra dans l'intérieur du cylindre, jufqu'environ la moitié de fa hauteur; alors fi on faifit vers cet endroit le cylindre avec la main, & qu'on tire avec l'autre main une étincelle de la barre de fer, on éprouvera la même commotion (2).

MM. *Jallabert*, *le Monnier*, & plufieurs autres Phyficiens, ont fait de femblables expériences, qui ont eu le même fuccès; mais ils s'y font pris d'une autre façon pour les faire. Si au contraire quelqu'un tient à la main le vafe de métal avec la fiole de verre, & que, tenant dans l'autre main un bâton de foufre, de bois, de cire d'Efpagne, il effaie de tirer une étincelle de la barre électrifée, avec les uns ou les autres de ces corps, il ne recevra point de commotion.

On peut répéter, fans aucun danger, ces fortes d'expériences avec des fioles, en s'y prenant de cette façon. Enveloppez une partie du ventre d'une bouteille avec des feuilles d'étain, ou avec du papier doré, qu'on appliquera contre la furface de la bouteille, en les liant avec un fil de métal qui entourera plufieurs fois le ventre de cette bouteille; fi l'extrêmité de ce fil fe termine en forme de ftilet, faififfez ce ftilet d'une main, & de l'autre empoignez la fiole dans l'endroit où elle eft revêtue, ainfi que le fil de mé-

(1) L'Auteur paroît indiquer autrement l'expérience que je viens de rapporter. Voici le texte. *Si vitrum cùm aquâ fteterit in vafe metallico, vel vitrum ex pilo æneo . . . pendeat fuprà vas metallicum, &c.* ce qui donne à entendre qu'il a fait cette expérience avec un morceau de verre; mais comme cette expérience, répétée avec tous les foins poffibles, & de toutes fortes de manieres avec un morceau de verre, ne m'a point réuffi, & ne m'a même donné aucune raifon de foupçonner qu'elle pût réuffir; j'ai cru devoir aider à l'expreffion de l'Auteur. Je me fuis fervi du mot *fiole* pour traduire le mot *vitrum*; & je m'en fuis fervi avec d'autant plus d'affurance, que l'expérience réuffit très complettement de la maniere que je l'ai expofée.

(2) Jallabert, fur l'Electr. p. 122.

tal qui tient le vêtement : approchez enſuite le ſtilet, dont nous venons de parler, du fil de fer qui plonge dans la bouteille, & qui excede ſon col de quelques pouces ; vous tirerez alors une forte étincelle de feu d'un rouge très foncé, qui craquera avec bruit, ſans que vous en receviez aucune commotion. Dans cette expérience, l'électricité ſe porte du fil, qui plonge dans la bouteille, à celui que vous lui préſentez ; elle coule le long de ce dernier fil, & le long de la chaîne métallique qui enveloppe la bouteille, pour ſe jetter enfin ſur le ventre de cette bouteille, qui contient moins de matiere électrique que ſa capacité intérieure, ainſi que l'eau qu'elle comprend ; car la matiere électrique ſuit toujours le chemin le plus court, & en même-tems celui qu'elle peut parcourir plus aiſément : or le métal eſt un milieu plus aiſé pour la tranſmiſſion de la matiere électrique, que le corps d'un homme.

Si, pour faire cette expérience, on ſe ſert d'une fiole de verre cylindrique d'environ 5 à 6 pouces de longueur, & en partie remplie d'eau, garnie extérieurement de feuilles de métal, ſur la garniture de laquelle on faſſe tourner circulairement un fil de cuivre, dont le bout, terminé en anneau, ſoit proche de la baſe de la bouteille ; & qu'on attache à cet anneau un fil délié de cuivre ramolli au feu, dont on entoure pluſieurs fois le corps d'un homme, & à l'extrêmité duquel fil ſoit attaché un fil de métal plus épais ; alors ſi cet homme prend d'une main la fiole vers ſon milieu, & audeſſous de l'anneau, & que, tenant dans l'autre main le gros fil de métal qui termine celui qui l'entoure, il approche ce dernier du fil de fer qui plonge dans la bouteille, & en tire une étincelle ; cette étincelle, dont le feu ſera très rouge, partira avec un éclat foudroyant, & l'homme n'en ſera point affecté : ce qui prouve manifeſtement que le métal eſt plus perméable à la matiere électrique, que le corps d'un homme ; ce qui dépend d'une conformation de parties, qui n'eſt pas encore parvenue à la connoiſſance des Phyſiciens. Si une fiole, en partie remplie d'eau, & garnie extérieurement de feuilles de métal, eſt poſée dans un baſſin, dans lequel il y a de l'eau, & que quelqu'un touche du bout du doigt la garniture de la fiole, & que de l'autre main il tire une étincelle du fil de fer conducteur qui plonge dans la fiole ; cette étincelle lui donnera une commotion très violente, toute l'électricité de l'intérieur de la fiole, & de l'eau qu'elle contient, paſſant rapidement à l'eau du baſſin & à la ſurface extérieure de la bouteille. Si on revêt extérieurement, de feuilles de métal, une fiole ſeche & bien nette intérieurement, & qu'on faſſe paſſer par ſon col un fil de métal qui ſerve de conducteur à la matiere électrique ; lorſqu'on aura électriſé cette fiole, ſi on la ſaiſit d'une main, & que de l'autre on tire une étincelle du fil de fer, cette étincelle ſera foible, mais on en pourra tirer pluſieurs ſucceſſivement & pendant long-tems : mais ſi cette fiole n'eſt pas revêtue extérieurement, on n'en pourra point tirer d'étincelles, & elle ne donnera aucun ſigne d'électricité. L'Abbé *Nollet* s'eſt donné auſſi beaucoup de peine pour déterminer de quelle maniere il falloit s'y prendre, pour faire les expériences de l'électricité ſans encourir aucun riſque. Il ſe ſert pour cela d'un morceau de fer recourbé, dont les deux extrêmités A & B [*Tab.* 22. *fig.* 7.] ſont retournées ſur elles mêmes, en forme de limaçon ; ce fer eſt à-peu-près de la groſſeur d'une plume à écrire : il poſe

l'extrêmité

l'extrêmité A de cet excitateur sur la surface du corps auquel il veut communiquer la matiere électrique, & il approche l'autre extrêmité B de la barre électrisée : alors la matiere électrique, qui suit toujours le plus court chemin qui lui est ouvert, & qui passe à travers le corps qui lui est plus perméable, suit la direction de l'excitateur B A, & n'offense point la main qui le tient.

§. DCCCCXXXIV. Rasez ou plumez la tête & la poitrine d'un animal à poils, ou à plumes; attachez-les sur une table, de façon que la poitrine de l'animal soit appliquée contre la surface d'une grande bouteille de verre, en partie remplie d'eau, & dans laquelle plonge un fil de métal, qui pend à la barre de fer; à laquelle on communique la vertu électrique du globe : lorsque la bouteille est chargée d'électricité, conduisez, par le moyen d'un fil de soie, une chaîne de métal attachée à la barre de fer : conduisez-la de façon qu'elle touche à la tête de l'animal; il partira aussi-tôt une étincelle foudroyante, qui, du premier coup, pour l'ordinaire, tuera cet animal, sans blesser aucunement celui qui fait cette expérience. Le célebre M. *Boze* fut le premier qui nous apprit le moyen de tuer des poissons, lors même qu'ils nageoient dans l'eau; mais MM. *Jallabert*, *Nollet*, *Watkins*, *Gralath*, imaginerent différentes manieres de répéter ces expériences.

§. DCCCCXXXV. On peut, à l'aide d'une fiole de verre, en partie remplie d'eau, & suspendue à la barre de fer qu'on électrise, donner en même-tems une forte commotion à plusieurs personnes qui seroient placées sur le plancher, pourvu que la fiole soit fortement chargée d'électricité; si ces personnes, se tenant de bout, forment un cercle, & se tiennent toutes par la main, ou qu'elles saisissent toutes, avec la main, la même chaîne de fer, ou qu'elles marchent toutes sur cette chaîne, en supposant qu'elle soit posée sur le plancher (1), & que la premiere, ou celle qui est à une des extrêmités de cette espece de chaîne, empoigne la bouteille, & que celle qui est à l'extrêmité de la même chaîne tire une étincelle de la barre de fer, toutes celles qui feront partie de cette chaine, recevront une forte commotion dans le bras & dans la poitrine, ou sentiront des secousses très vives dans les pieds : preuve manifeste que la matiere électrique agit, dans cette expérience, contre tous ceux qui font partie de la chaîne, & qu'il se fait, dans chacun d'eux, une explosion de matiere affluente & effluente. Le succès de cette expérience est beaucoup plus petit, & il est même quelquefois nul, lorsque les personnes qui forment cette chaîne, sont placées sur du pavé, ou sur de la terre. Ce qu'il y a de surprenant dans ces sortes d'expériences, c'est de voir que, lorsqu'on communique, selon la maniere ordinaire, c'est à dire, sans le secours d'une bouteille de verre en partie remplie d'eau, lorsqu'on communique, dis-je, la vertu électrique à un homme qui n'est point isolé, c'est-à-dire, qui est sur le plancher, cette matiere se dissipe aussi tôt, sans donner aucun signe qui puisse manifester sa présence : au contraire, lorsqu'on se sert d'un vase de verre en partie rempli d'eau, la matiere électrique peut se communiquer & agir contre plusieurs personnes, sans être dissipée par le plancher sur lequel elles se tiennent debout.

(1) Philos. Trans. n°. 481.

§. DCCCCXXXVI. Le favant *Watfon* obferva, d'une maniere très curieufe, le courant de la matiere électrique dans un cercle formé par plufieurs perfonnes qui fe tenoient par la main. Suppofons 8 perfonnes difpofées en deux bandes, dont 4 foient nommées A, B, C, D, & que les 4 autres, formant la feconde bande, foient appellées 1, 2, 3, 4; que les quatre de chaque côté fe tiennent par la main, & que les 4 premieres foient placées fur le plancher, tandis que les autres font ifolées : que l'une de ces perfonnes, favoir A, tienne avec la main la barre de fer électrifée; que celle qui eft défignée par le chiffre 1 tienne à la main la fiole de verre, qui eft fufpendue à la barre de fer : fi, lorfque cette fiole fera chargée d'électricité, la perfonne défignée par le chiffre 4 donne la main à celle qui eft appellée D, toutes huit recevront une violente commotion ; mais fi cette perfonne, nommée 4, donne la main à celle qui eft nommée C, il n'y en aura que 7 qui feront frappées : la perfonne D n'éprouvera aucune fenfation ; parcequ'elle ne fera pas alors partie de la chaîne : fi la perfonne, défignée par le nombre 4, donne la main à la perfonne B, il n'y en aura que 6 qui recevront la commotion, C & D ne s'en reffentiront aucunement ; parcequ'elles feront placées au delà du cercle des écoulemens électriques : fi la perfonne nommée 4 touche à celle qui eft défignée par A, cinq feulement feront frappées, & B, C, D ne feront point du nombre de celles qui recevront la commotion. Il arrivera encore la même chofe fi c'eft la perfonne D qui prend par la main celle qui eft appellée 4, les huit qui forment la chaîne feront toutes frappées en même-tems : fi la perfonne D prend par la main la perfonne appellée 3, il n'y en aura que 7 qui feront frappées ; celle qui eft défignée par le nombre 4 n'éprouvera aucune fenfation, &c. Les commotions dépendent de l'inégale quantité de matiere électrique que chacune de ces deux bandes reçoit : en effet, la bande dans laquelle fe trouve la perfonne qui tient la fiole, reçoit une plus grande quantité de matiere électrique que l'autre ; & conféquemment peut communiquer de fa matiere électrique à l'autre bande, qui en a moins, & qui eft placée fur des pains de réfine ; elle peut auffi recevoir une certaine partie de celle dont cette feconde bande eft en poffeffion. Mais pour quelle raifon ceux qui ne font point partie de la chaîne ne font-ils pas frappés comme les autres ? Cela vient de ce que la matiere électrique, fuivant toujours le plus court chemin qu'elle peut parcourir pour aller à fon but, paffe tout-à-coup d'un bout à l'autre de la chaîne, en pénétrant tous les corps qui la forment ; & qu'elle prendroit un plus long chemin, pour arriver à fon but, fi elle paffoit auffi par le corps de ceux qui font hors de rang. Les célebres *Winkler* (1), *Watfon* (2) nous ont encore tranfmis quantité de chofes très-curieufes, qu'ils ont découvertes en faifant des expériences avec une fiole de verre en partie remplie d'eau.

§. DCCCCXXXVII. Si on fait le vuide dans une fphere de verre creufe, bien feche & bien nette, ou dans un tube doué des mêmes qualités que cette fphere, & qu'on ferme exactement celui de ces deux vafes dont on fait ufage, pour que l'air ne puiffe pas pénétrer dans fa capacité ; les chofes

(1) Electr. krafft des Waffers. (2) Sequel to the Experim. of Electr. Account of the Experiments, p. 5. & fequent.

étant ainsi disposées, si on frotte extérieurement, avec une main bien seche, ou avec un coussinet, la surface de ce vase, sa cavité intérieure recevra, par ce frottement, une quantité de matiere lumineuse, qui paroîtra parcourir l'étendue de cette cavité, sous la forme de plusieurs jets ondoyans, de la même maniere que les éclairs parcourent l'étendue des cieux, où ils se font remarquer : on observera la même chose si on approche le vase vuide d'air auprès d'une barre de fer, à laquelle on communique une forte électricité : on observera encore le même phénomene si on fait passer une verge de fer par le milieu du goulot d'un récipient ouvert par le haut, de façon que cette verge descende jusques vers le milieu de la hauteur du récipient : si cette verge de fer est exactement soudée au bouchon, qui ferme parfaitement l'ouverture supérieure du récipient, & qu'ayant posé ce récipient sur la platine d'une machine pneumatique, on le vuide parfaitement d'air; alors la matiere électrique, qu'on communique abondamment à l'extrêmité extérieure & saillante de la verge de fer, pénetre toute la longueur de cette verge, & remplit toute la capacité du récipient de jets lumineux, semblables à des éclairs qui s'élanceroient dans cette cavité. Voici maintenant une machine qui offre aux yeux des spectateurs un spectacle des plus amusans : soit le cylindre de verre K H [*Tab.* 22. *fig.* 8.] fermé supérieurement par le couvercle de cuivre C, traversé dans son milieu par une tige de cuivre A, attachée à un tube de verre B D, presque rempli de mercure, & sur la circonférence duquel sont adaptés trois cylindres de liege E, E, E : à la distance d'un demi-pouce du tube de verre est placé sur la platine de la machine pneumatique, sur laquelle on établit le cylindre K H, un petit morceau de cuivre F. Lorsqu'on a fait le vuide dans le récipient cylindrique, si on communique la vertu électrique à la tige de cuivre A, par le moyen du fil de métal conducteur A L ; alors la matiere électrique se jette abondamment dans la cavité du récipient K H, sous la forme d'une lumiere très brillante, qui tombe de liege en liege, en formant des cascades lumineuses, qui remplissent toute la capacité intérieure du récipient : on remarque, outre cela, une aigrette lumineuse qui s'élance du corps F, formée par la matiere électrique qui pénetre la partie inférieure du récipient. Comme les écoulemens électriques se jettent abondamment, & se meuvent librement, dans ces sortes de vases, lorsqu'ils sont vuides d'air, & qu'ils n'y éprouvent aucune, ou tout au plus qu'une très foible résistance à leurs mouvemens, il s'ensuit qu'ils doivent s'y faire observer sous la forme d'une lumiere très abondante & très vive : ces écoulemens ne se jettent pas alors en aussi grande quantité sur la partie extérieure de ces vases; mais si les vases dont on fait usage ne sont pas exactement vuides d'air, les écoulemens électriques ne les pénétreront pas si copieusement, & la lumiere qu'ils produiront ne sera pas si éclatante : dans ce cas, ces écoulemens se jetteront plus abondamment sur la surface extérieure, & elle attirera plus fortement des corps légers. C'est pourquoi une grande quantité de matiere électrique passe de la colonne de mercure dans un tube de barometre, dont la partie supérieure est très longue, & parfaitement vuide d'air, & elle s'échappe encore plus abondamment du mercure, pour s'élancer dans l'espace vuide qui est au-dessus, lorsqu'elle peut s'échapper de cet espace, à l'aide d'un morceau de métal qui recouvre la voûte

du tube. Le célebre M. *Boze* (1) nous assure que les étincelles électriques sont aussi bruyantes, & éclatent avec autant de véhémence dans le vuide que dans l'air, lorsqu'on les excite par le contact d'un corps métallique avec d'autres corps, quoique l'oreille ne puisse pas être ébranlée par le son qu'elles y produisent par leur explosion ; & il ajoute qu'il a éprouvé qu'on peut produire une vertu électrique aussi forte dans le vuide que dans l'air : mais j'imagine que cette vertu doit y être plus forte, & qu'un syphon capillaire doit y transvaser une grande quantité de fluide. Ceux qui voudront s'instruire de plusieurs tentatives sur l'électricité dans le vuide, pourront consulter *Hauxbée* (2).

Si on lie un fil de métal en forme de serpentin, autour d'un cylindre de verre en partie rempli d'eau, ou qu'on dispose ce fil de métal de maniere qu'il forme autour de ce cylindre plusieurs cercles paralleles, & un peu éloignés les uns des autres, & qu'on communique ensuite, selon la maniere ordinaire, la vertu électrique à ce cylindre ; aussi-tôt que les écoulemens électriques se jetteront dans les parois de ce vase, on remarquera au-dehors du cylindre une lumiere qui suivra en partie la direction des fils, & en partie les espaces qui séparent ces fils les uns des autres : ce qui offrira à la vue un spectacle très amusant, de petites flammes qui s'éteignent, & qui renaissent sur la surface extérieure de ce cylindre. Si on couvre la surface extérieure d'un cylindre semblable, avec une feuille de papier doré, chargée de différentes figures, séparées les unes des autres ; à chaque étincelle qu'on excitera, on remarquera, sur la partie métallique de ce papier, une flamme vive, dont la couleur sera verte purpurine : le meilleur papier dont on puisse faire usage, pour cette expérience, est celui sur lequel on a imprimé de petites figures dorées, & disposées avec ordre.

§. DCCCCXXXVIII. Si on dirige une aigrette lumineuse sur plusieurs corps inflammables, dont quelques-uns peuvent être froids ; tels que sur du phosphore d'urine, de l'esprit de vin éthéré, du camphre, &c (3), & sur d'autres corps pareillement inflammables, mais qui doivent être chauffés, tels que sur de l'esprit de vin ordinaire, de la cire, de la poix, sur une chandelle qui vient d'être éteinte, & qui fume encore fortement, pourvu qu'elle soit placée entre le tube électrique & le doigt qui tire l'étincelle, sur de la poudre à canon (4), &c ; toutes ces différentes substances s'enflammeront par l'explosion de la matiere électrique. On a néanmoins remarqué qu'une aigrette lumineuse, dirigée dans de l'esprit de vin qui est placé dans le vuide de *Boyle*, ne pouvoit point enflammer cette liqueur (5). Or comment est-ce que la matiere électrique produit l'inflammation des différentes substances dont nous venons de parler ? Cela viendroit-il de ce que ces substances contiendroient une grande quantité de matiere ignée, qui manifesteroit sa présence si-tôt que la matiere électrique la mettroit en mouvement : cette matiere ignée, puissamment agitée, communiquant alors l'agitation qu'elle a reçue aux parties inflammables des mixtes qui la recelent, dérange la dis-

(1) Commentar. novus de Electr. p. 5, 6. (2) Physico Mechanical. Experiments. (3) Winklerus in Epistola mihi missa. (4) Philos. Transf. n°. 487. p. 324. (5) Jallabert, sur l'Electr. p. 57.

poſition qu'elles avoient entr'elles : elle leur imprime un mouvement circulaire, les embraſe & les enflamme. Or il paroît naturel de penſer que la matiere électrique, toute dépourvue qu'elle ſoit de chaleur, & quoiqu'elle ne ſoit point un véritable feu, peut produire un tel effet. *Franklin* fut le premier qui découvrit que la matiere électrique, lorſqu'elle eſt très abondante & très active, peut fondre des feuilles de métal, & les incruſter profondément dans les pores du verre, de façon qu'il ne ſoit pas poſſible d'effacer l'empreinte qu'elles y laiſſent après leur fuſion : pluſieurs Phyſiciens, & ſurtout *Hahnius*, ont répété après lui cette expérience, & en ont manifeſté de plus en plus la vérité.

§. DCCCCXXXIX. Si on iſole une machine électrique, ainſi que celui qui frotte le globe, & que, tandis que ce globe eſt en mouvement, un autre homme, placé ſur le plancher, approche un de ſes doigts du globe, ou de celui qui le frotte, la matiere électrique qui vient du plancher, & qui ſe diſtribue à celui qui eſt établi deſſus, paſſe, par ſon moyen, au globe, ou à celui qui le frotte ; & ces deux corps, étant iſolés, conſervent cette matiere : auſſi remarque t-on, lorſqu'on fait cette expérience dans l'obſcurité, que la machine, ainſi que celui qui frotte le globe, ſont lumineux.

§. DCCCCXL. Si on dirige, pendant l'eſpace d'une heure, une aigrette lumineuſe ſur la boule d'un thermometre de *Drebbel*, de Florence, de *Fahrenheyt*, on ne remarquera aucun ſigne de chaleur ; la liqueur ne fera aucun mouvement ſenſible dans le tube : cette même matiere n'échauffe pas plus ſenſiblement une maſſe d'eau, dans laquelle elle ſe porte avec abondance, & pendant long-tems. Je fis conſtruire un globe creux, fait d'une feuille très mince de ſimilor, & dont le diametre eſt de 3 pouces ; j'adaptai à ce globe un tube aſſez court, auquel étoit ſoudé un tube de verre capillaire : je remplis enſuite la boule & le tube d'un air plus rare que celui de l'atmoſphere, afin que, plongeant l'extrêmité du tuyau de verre dans l'eau, cette liqueur pût s'élever dans ce tube juſqu'environ la moitié de ſa longueur ; j'avois, par ce moyen, une eſpece de thermometre de *Drebbel*, propre à indiquer le plus petit changement qui pût arriver à la température de l'air renfermé dans le globe : or, ayant long-tems électriſé ce globe, la liqueur, qui s'étoit élevée dans le tube de verre, ne deſcendoit que d'une ou d'une demi-ligne ; & cet effet n'avoit lieu que lorſque le tems étoit très favorable aux expériences électriques, & qu'on ſe ſervoit d'un globe d'un très grand diametre, qu'on faiſoit tourner très rapidement. La chûte de la liqueur, dans cette expérience, pourroit peut-être bien provenir du frottement, lequel, échauffant fortement le globe, communiquoit au tube, & de là à la boule du thermometre, la chaleur qu'il acquéroit ; ce que je n'oſe cependant pas affirmer ; puiſqu'on ne remarque pas toujours le même effet, même en ſe ſervant du même thermometre. Outre cette raiſon, le célebre *Winkler* communiqua une très forte & très abondante quantité de matiere électrique à des thermometres de mercure, conſtruits ſelon la méthode de Florence ; & il n'obſerva jamais que l'électricité produiſît aucun effet ſur ces thermometres, ainſi qu'il me l'a aſſuré, par des lettres qu'il m'écrivit en 1756, & que je l'ai éprouvé moi-même. Ces obſervations m'engagent donc à penſer que la matiere électrique que je communiquai à la boule de ſimilor,

dont je viens de parler, entraînoit, par son courant, & poussoit devant elle, une petite quantité du liquide, dont le tube étoit rempli jusqu'environ la moitié de sa longueur; effet qu'elle produit manifestement lorsqu'on électrise des liqueurs contenues dans des tubes capillaires : elle pousse devant elle ces liqueurs, & accélere leur écoulement.

§. DCCCCXLI. Je fus un des premiers à examiner & à divulguer les principales propriétés de l'électricité, qui furent découvertes de mon tems; & je démontrai que cette matiere étoit un fluide plus subtil que l'air élastique, qui fait portion de l'atmosphere, puisqu'il pénetre tous les corps qui nous sont connus jusqu'à présent, & qu'il passe à travers les pores de nos récipiens de verre, que l'air ne peut pénétrer : or ce fluide ne doit pas être confondu pour cela avec le feu ordinaire, que tout le monde connoît.

1o. Parceque ce feu ne pénetre que très lentement la substance des métaux, des pierres, & des autres corps ; tandis que la matiere électrique pénetre, dans l'espace d'une seconde, un fil de métal de 12276 pieds de longueur, & qu'il pénetre aussi aisément tous les autres corps.

2°. Le feu ordinaire ne s'échappe que très lentement des corps dont il s'est emparé, & il faut même plusieurs heures avant qu'il se soit tout-à-fait dissipé d'une grande masse métallique qui en auroit été abreuvée ; au contraire, la matiere électrique abandonne sur-le-champ les plus grandes masses de matiere qui ne sont point *idioélectriques*.

3°. Le feu, quelque peu abondant qu'il soit, a la propriété d'échauffer les corps qu'il touche ; tandis que le fluide électrique ne nous fait éprouver aucun sentiment de chaleur par son contact, & elle n'échauffe point les corps qu'elle pénetre abondamment (§. 940.). Si nous plongeons la main dans l'atmosphere d'un tube électrisé, nous sentons les écoulemens de la matiere électrique qui nous font éprouver la même sensation que nous éprouverions si nous passions la main sur une toile d'araignée ; mais nous n'éprouvons aucun sentiment de chaleur : il n'en arrivera pas ainsi si nous présentons la main devant des charbons ardens, ou que nous l'exposions au contact des rayons solaires : nous n'éprouverons point la sensation de la toile d'araignée, dont nous venons de parler ; mais nous sentirons une forte chaleur : d'où il suit que la matiere électrique differe en cela du feu ordinaire, & du feu du soleil.

4°. La matiere du feu, lorsqu'elle s'échappe des corps qui en sont imprégnés, entre indistinctement, & pénetre tous les corps qui sont dans le voisinage de ceux qu'elle abandonne, & elle les échauffe ; la matiere électrique ne pénetre point les corps *idioélectriques*, ou au moins elle ne les pénetre que jusqu'à un certain point.

5°. Les phénomenes électriques se décelent avec succès, la nuit aussi-bien que le jour, l'hiver comme l'été, pourvu que le tems soit serein & sec ; au contraire, la matiere ignée est répandue beaucoup moins abondamment dans l'atmosphere en hiver qu'en été : je puis même ajoûter qu'aucune saison ne m'a été plus favorable que l'hiver pour faire ces sortes d'expériences, pourvu que le tems fût sec; mais qu'elles ne me réussissoient qu'avec beaucoup de peine pendant l'été, lorsque le tems étoit nébuleux & chargé d'humidité.

6°. L'électricité enflamme, sans chaleur, les substances inflammables, telles que l'esprit de vin alkoolisé; au contraire, le feu ne peut enflammer aucun corps sans être accompagné d'une grande chaleur : j'avoue cependant que si on communique une grande quantité de matiere électrique à du cinabre, renfermé dans un tube de verre, que ce cinabre noircira un peu ; & on verra paroître quelques globules de mercure : bien plus, si on traite du zinc de la même maniere, il en sortira des fumées qui paroîtront être des fleurs de zinc ; ainsi que l'a éprouvé le P. *Beccaria*.

7°. Les corps qu'on fait fortement chauffer, perdent leur vertu électrique, & un feu violent est capable de détruire cette propriété dans les corps qui en jouissent le plus completement ; comme, par exemple, si on approche un tube de verre fortement électrique, à une très petite distance d'une barre de fer, dont l'autre extrêmité est chauffée jusqu'à rougir : mais cette vertu ne sera pas détruite, si on met entre le tube & l'extrêmité de la barre qui est rouge, un autre corps propre à intercepter la matiere ignée.

8°. Le feu, ainsi que l'électricité, peuvent être excités par un frottement rapide ; mais quoiqu'un métal, par exemple, s'échauffe fortement, sous les coups redoublés du marteau qui le forge, il ne donne pas pour celà aucun signe d'électricité.

9°. La flamme, produite par le feu ordinaire, s'attache, par sa base, à l'aliment qu'on lui fournit; elle le consume, & elle se termine en pointe : mais il n'en est pas ainsi de la matiere électrique ; les aigrettes lumineuses qu'elle fournit, sont adhérentes à la pointe des corps : elles deviennent divergentes, elles s'en éloignent par de grandes surfaces, sans rien emporter, ou consommer du corps auquel elles adherent.

10°. Le feu ordinaire raréfie, étend les corps, tant solides que fluides, qu'il pénetre ; mais l'électricité ne fait observer aucun signe de raréfaction dans ceux dans lesquels elle se jette.

11°. Tous les corps huileux & résineux servent d'aliment au feu ordinaire ; il les divise, il les décompose, & il les pénetre aisément : au contraire, la matiere électrique éprouve une très grande résistance pour se jetter dans les corps de cette espece ; elle ne les pénetre que difficilement.

§. DCCCCXLII. On ne peut pas dire non plus que la matiere électrique soit la même que celle du soleil : en effet, la lumiere du soleil se propage en lignes droites ; au contraire, la matiere électrique forme des jets, dont tous les rayons sont divergens : ils parcourent la surface d'une lentille avec un mouvement ondulatoire, & ils s'élancent dans un espace vuide sous la forme de serpentins ; tandis que les rayons du soleil conservent toujours, dans de tels espaces, la direction de leur mouvement.

2°. Nous pouvons fléchir les rayons électriques, & leur faire décrire des lignes courbes ; ce qu'on n'a pas pu faire jusqu'à présent aux rayons du soleil. En effet, le courant électrique, qui parcourt la longueur d'une barre de fer électrisée, s'échappe à l'extrêmité de cette barre, sous la forme d'une aigrette lumineuse ; & les rayons de cette aigrette se dirigent en ligne droite, si on leur oppose directement le doigt : mais si on le porte lentement

vers un des côtés de cette barre de fer, ces rayons se plieront différemment en ligne courbe, pour suivre la position du doigt qu'on leur présente.

3°. Si on rassemble quelques rayons du soleil, & qu'on les dirige vers un foyer commun, en les faisant passer à travers une lentille, & qu'on en réfléchisse aussi quelques-uns, en les laissant tomber sur la surface d'un miroir concave, mais de maniere que les deux foyers concourent au même point; ces rayons, étant dirigés en sens contraire, on n'entend aucun bruissement, ni aucun éclat : ce qui ne manque pas d'arriver cependant lorsqu'une aigrette lumineuse rencontre, en sens contraire, une autre aigrette de matiere électrique.

4°. La lumiere du soleil ne pénetre point à travers les corps opaques; mais, glissant sur leurs surfaces, elle les échauffe insensiblement : au contraire, l'électricité pénetre sur-le-champ les corps qui ne sont point *idio-électriques*.

5°. La lumiere du soleil, tombant sur un corps, ne répand point autour d'elle aucune odeur; elle n'en répand même pas lorsqu'elle est accumulée, & rassemblée, à l'aide d'un miroir ardent, sur un corps inodorant : au contraire, la matiere électrique répand autour d'elle une odeur semblable à celle qu'exhale le phosphore; cette odeur ressemble assez à celle que produit la fumée de l'huile de vitriol, ou à l'esprit de nitre, lorsqu'ils dissolvent de la limaille de fer : cette fumée peut même s'enflammer si on en approche une lumiere; & la flamme qui s'en éleve produit des crepitemens assez analogues à ceux de la matiere électrique : & j'avoue même que cet effet ne vient pas de la fumée produite par l'exaltation de l'esprit de nitre, & des parties ferrugineuses qu'il entraîne avec lui.

6°. Les rayons du soleil, étant reçus, pendant plusieurs heures, dans la bouche, ne produisent aucune sensation propre à affecter l'organe du goût; mais il n'en est pas ainsi de l'électricité : elle agit sur l'organe du goût; & elle y produit une sensation assez analogue à celle que produiroit un acide.

7°. Il y a certains corps, tels que la colle de poisson, la colle-forte, les gommes, qui, lorsqu'ils sont secs, & exposés aux rayons du soleil, absorbent une grande quantité de matiere lumineuse, & deviennent ensuite d'excellens phosphores (1); néanmoins ces corps ne peuvent point devenir électriques, de quelque maniere qu'on s'y prenne.

8°. La lumiere pénetre plus aisément les corps qui contiennent une grande quantité d'huile; tels que le papier, le linge, le plâtre, &c : or les huiles opposent une telle résistance à la matiere électrique, qu'elle ne peut les pénétrer, ou qu'elle ne les pénetre que très foiblement.

9°. Un diamant qui brille lorsqu'il est frotté, est électrique; mais si on le plonge dans l'eau, il conserve sa lumiere, & il perd sa vertu électrique.

10°. De la cire d'Espagne rouge, épaisse d'un quart de pouce, ne devient point transparente lorsque les rayons du soleil tombent sur une de ses

(1) Commentar. Bonon. Vol. 2. p. 165.

ſurfaces ; mais ſi on enduit la ſurface intérieure d'un globe de verre creux, d'une couche de cire d'Eſpagne auſſi épaiſſe, & qu'en frottant ce globe on le rende électrique, la cire d'Eſpagne devient tranſparente, & on peut même voir & diſtinguer la main qui frotte le globe à travers ſon épaiſſeur : d'où il ſuit que la lumiere électrique pénetre des ſubſtances que la lumiere du ſoleil ne peut pénétrer.

11°. L'électricité de la tourmaline ne jette aucune lumiere, autant qu'on a pu s'en convaincre jusqu'à préſent.

§. DCCCCXLIII. Le fluide électrique eſt donc bien différent de l'air qui forme notre atmoſphere, & il ne doit pas être confondu, ni avec la matiere ignée, ni avec la matiere de la lumiere : ce fluide eſt néanmoins univerſellement répandu, non-ſeulement dans l'atmoſphere, mais encore dans tous les corps qui font partie du globe que nous habitons ; il pénetre une partie de ces corps avec une extrême rapidité ; il peut ſe mouvoir librement d'un lieu dans un autre ; il peut être raſſemblé & repouſſé enſuite par les corps *idioleƈtriques* qu'on frotte ; & il tend toujours, ou au moins très ſouvent, à ſe mettre en équilibre dans tous les corps : mais ce fluide brille-t-il par lui-même de l'éclat qu'il porte avec lui, ou doit-il ſa lumiere à une cauſe étrangere ? c'eſt ce que nous ne ſavons pas encore. S'il ne brille pas par lui même, il eſt naturel de penſer qu'il ne doit ſon éclat qu'à la matiere lumineuſe qui eſt répandue dans l'atmoſphere & qu'il entraîne avec lui ; & comme les rayons rouges & violets ſont les plus réfrangibles, la matiere électrique qui ſépare les rayons colorés qu'elle rencontre, en vertu de cette force divergente qui l'anime, emportera par préférence avec elle les rayons rouges, & formera, aux angles des barres de fer électriſées, des aigrettes lumineuſes, dont les rayons paroîtront teints de cette couleur : il ſuit auſſi de-là que la couleur de ces aigrettes ſera différente, ſuivant la différente conſtitution des corps par leſquels la matiere électrique ſe tamiſera, ainſi que l'a très bien obſervé le célebre *Halley* (1). Ayant placé, ſur une barre de fer qui étoit chaude, un morceau d'acier très denſe & pareillement chaud, & ayant enſuite placé ſur le tout un œuf de poule, l'aigrette lumineuſe qu'on remarqua à l'extrêmité du fer, étoit blanchâtre, & celle qui paroiſſoit à l'œuf tiroit ſur le jaune : peut être la matiere électrique eſt-elle lumineuſe par elle-même. Le fluide électrique eſt odorant par lui-même ; mais lorſqu'il paſſe à travers différens corps, n'emporte-t-il pas avec lui quelques parties très ſubtiles, leſquelles ont la propriété d'exciter une même odeur que ce fluide, ou qui changent, ou qui alterent l'odeur de ce fluide ; en un mot de la combinaiſon deſquelles il réſulte un odeur mixte ? Cette idée n'eſt pas dépourvue de vraiſemblance : en effet, lorſqu'on communique à une barre de fer l'électricité d'un globe qu'on frotte, on ſent alors une odeur ſemblable à celle que répandroit une ſubſtance acide, combinée avec le *phlogiſtique*. Lorſqu'on frotte des globes de myrrhe, ou des tubes de même matiere, ou des globes de porcelaine, l'odeur qu'on ſent alors eſt bien différente ; elle a pour baſe, à la vérité, l'odeur que donneroit un acide, mais qui ſeroit mêlangé avec quelques parties terreuſes. Si on dirige la

(1) Philoſ. Tranſ. n°. 488.

matiere électrique d'un globe, ou d'un tube de myrrhe, ſur un morceau de fer, l'odeur de l'acide eſt plus foible ; mais ſi on conduit ces écoulemens électriques ſur un morceau de bois de ſapin ; l'odeur eſt ſemblable à celle que ce bois exhale, & elle eſt beaucoup plus forte qu'elle ſeroit, ſi ce bois n'étoit pas électriſé. Outre cela, le célebre *Winkler* a obſervé, qu'en mettant du nitre dans de l'eau, dont il rempliſſoit en partie des bouteilles de verre, qu'il chargeoit enſuite d'électricité, qu'il portoit enſuite, par l'intermede d'une barre de fer ou d'un globe de métal, dans un globe de verre rempli de rapures, de petits filamens de ſimilor, ou de fer, entaſſés fortement les uns ſur les autres, & placé ſur un vaſe concave de métal ; il a, dis-je, obſervé que la matiere électrique qui ſe jettoit dans ce globe, ſe traçoit un chemin, déſigné par une ligne blanche, qu'on pouvoit emporter en la frottant avec un morceau d'étoffe. Lorſqu'on communique pluſieurs fois l'électricité à un tel globe, la matiere électrique ne ſuit pas deux fois le même chemin ; elle s'en trace un autre : or on n'obſerve pas cet effet, c'eſt-à-dire que le chemin que la matiere électrique ſuit pour ſe porter dans le globe de verre, n'eſt point tracé par aucune ligne ſenſible, lorſqu'on fait cette expérience avec des bouteilles de verre, remplies en partie d'eau, mais dans laquelle on n'a point mis de nitre (1) ; d'où il ſuit que la matiere électrique emporte avec elle quelques parties des corps qu'elle pénetre.

Le fluide électrique eſt il naturellement imprégné de l'odeur acide qu'il répand ordinairement, ou les parties des corps qu'il emporte avec lui, & auxquelles il ſert de véhicule, ſont-elles la cauſe de cette odeur ? C'eſt ſur quoi on ne peut pas encore ſûrement prononcer : il paroît cependant que la matiere électrique eſt acide ; l'odeur & la ſaveur de cette matiere dépoſent conjointement en faveur de cette idée : une roſe, plongée pendant quelque tems dans la ſphere d'activité des écoulemens électriques, perd en quelques minutes ſa couleur ; elle pâlit de même que ſi elle étoit expoſée à la fumée acide du ſoufre : au bout de quelques heures elle jaunit, & elle ſe flétrit. Cependant on a obſervé que cet acide, qu'on découvre dans l'électricité, ſoit qu'il appartienne à la nature de ce fluide ou non, ne change point, & n'altere aucunement les qualités des différentes liqueurs. Le lait ne s'aigrit point, quoiqu'imprégné d'écoulemens électriques ; il ne tourne point lorſqu'on le fait bouillir ; l'eau ne contracte aucune odeur, aucune ſaveur : elle ne fermente, ni avec les acides, ni avec les alkalis ; & elle ne cauſe aucun dommage aux animaux qui en boivent. On a fait boire pendant 3 à 4 jours, à des animaux, de l'eau qui avoit été fortement électriſée ; & ils n'en ont reſſenti aucune incommodité. On a éprouvé de la même maniere, du pain, de la viande, de l'eſprit de vin, & d'autres liqueurs, & les réſultats ont toujours été les mêmes (2). Comme la matiere électrique eſt compoſée de parties extrêmement ténues, & qu'on n'a encore fait que de très foibles progrès ſur cette matiere, il n'eſt pas poſſible de déterminer la nature du fluide électrique ; & il eſt de la prudence de ſuſpendre ſon jugement juſqu'à ce qu'un plus grand nombre de découvertes & d'expériences nous mettent

(1) De avertendi fulminis artificio, p. 11. (2) Nollet, Recherches ſur l'Electricité, pag. 336.

à portée d'en juger plus sainement : car la Nature n'est pas aussi attentive à ménager la multiplicité des causes, que le pensent la plûpart des Physiciens qui n'ont d'autre but que de rendre raison de tout sans se consumer en veilles & en travaux. Je ne doute point que, lorsqu'on aura cultivé davantage l'étude de cette matiere, & qu'on aura enrichi la Physique d'un plus grand nombre de découvertes à ce sujet, qu'on ne parvienne à traiter cette matiere avec plus d'ordre, à la réduire en principes, & à établir des regles constantes & générales; tandis que nous, uniquement occupés de la recherche de la vérité, nous n'avons point négligé nos soins & nos peines pour rassembler un grand nombre de phénomenes.

§. DCCCCXLIV. Les connoissances des Anciens étoient très bornées sur l'électricité, & ce fut *Gilbert* (1) qui commença à traiter cette matiere avec succès dans le dernier siecle. Les Physiciens de l'Académie del Cimento, *Otto de Guerike* (2), *Boyle* (3), *de Lanis* (4), eurent aussi la gloire de concourir à ce travail : mais cette matiere acquit toute sa célébrité dans ce siecle, par les soins d'*Hauxbée* (5), qui fit quantité de nouvelles expériences, en faisant tourner rapidement sur leurs axes des globes de verre qu'il frottoit. Ce fut lui qui observa les forces attractives & répulsives de la matiere électrique, ainsi que la lumiere qu'elle répand dans l'air & dans le vuide. *Sendelius* (6), examinant & décrivant, dans son *Electreologie*, les propriétés du succin, a fait quantité de nouvelles découvertes, & a trouvé, dans cette substance, un grand nombre de propriétés qu'on a trouvé, par la suite, appartenir à l'électricité. Mais cette recherche ne fit jamais de progrès plus rapides, que depuis que M. *Grew*, en Angleterre, & M. *du Fay* en France, y eurent consacré tous leurs soins. On trouvera l'Histoire des travaux de M. *Grew* sur cette matiere, dons les Transactions Philosophiques, & celle de tous les procédés & de toutes les découvertes de M. *du Fay*, dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris (7). Le D. *Desaguilliers*, encouragé par tant de succès, s'appliqua, après eux, à cette recherche, & y fit aussi quelques progrès : tant de succès réveillerent enfin l'assoupissement de tous les Physiciens de l'Europe, & même de l'Amérique; chacun voulut avoir part à un travail aussi glorieux que nouveau, & on fit encore beaucoup de découvertes curieuses sur cette matiere. Ceux qui se sont le plus distingués, parmi ces Physiciens, sont *Schillingius* (8), *Wheler* (9), *Hausen* (10), *Doppelmayer* (11), *Winkler* (12), *Gordon* (13),

(1) De Magnete, L. 2.

(2) Nova Experiment. Magdeburgens. pag. 147.

(3) In Collectaneis P. Shaw. Vol. 1. pag. 506.

(4) Magist. Naturæ & Artis, Vol. 3. Liv. 92.

(5) Electreologia.

(6) Philos. Trans n°. 366. 417. 422. 431. 436. 439. 441. 444.

(7) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1733, 1734, 1737.

(8) Acta Berolin. T. 4.

(9) Philoloph. Transact. n°. 453. 454. 462.

(10) Novi Prospectus in Histor. Electricit.

(11) Neuendekte phenomena.

(12) Eigenschafften der Electric. 3 Vol. Philos. Trans. n°. 482. De avertendi fulm. artific.

(13) Phænomena Electr. exposita.

Kruger (1), *Boze* (2), *Kratzenstenius* (3), *Allamand* (4), *Nollet* (5), *Watson* (6), *Martin* (7), *Muller* (8), *Watkins* (9), *Jallabert* (10), *Franklin* (11), *Bammacare* (12), *Richmann* (13), *Gamaches* (14), le P. *Beccaria* (15, *Wait* (16); *Wilson* (17), & plusieurs autres grands Physiciens. MM. *d'Arcy* & *le Roy* imaginerent un *électrometre*, qui, quoique non parfait, mérite néanmoins des Eloges, comme la premiere invention qui ait été trouvée en ce genre (18). *Richmann* (19) en imagina un autre.

De la vertu médicale de l'Electricité.

§. DCCCCXLV. Comme plusieurs Médecins ont eu recours à l'électricité pour la cure de plusieurs maladies, & qu'ils ont cru que cette méthode de guérir seroit fort avantageuse dans plusieurs cas désespérés, & que bien plus ils lui ont attribué plusieurs succès; j'ai voulu éprouver la vérité de ce fait, sachant combien on a coutume d'abuser de la crédulité & de la confiance du public, pour lui tirer son argent.

Je dirai donc en général, que je n'ai jamais été témoin d'aucun avantage procuré par cette méthode de guérir : comme je me suis beaucoup appliqué à la recherche des phénomenes électriques, soit en frottant des tubes, ou des globes de verre, que je faisois mouvoir sur leurs axes, soit en tirant des étincelles, &c, j'ai observé, à trois différentes fois, que, lorsque je faisois de telles expériences pendant long-tems, & sans prendre quelques précautions, j'ai observé, dis-je, que la nuit suivante j'étois attaqué d'une fievre très violente, accompagné d'ardeur & de douleurs, & qui demeuroit constamment dans le même état pendant 36 heures, & qui se passoit au bout de ce tems, sans me laisser aucun signe, ou aucun symptôme qui pût m'indiquer son retour. J'ai été attaqué trois fois de cette maladie; & depuis ce tems j'ai toujours été beaucoup plus prudent dans ces sortes d'expériences. Mon épouse, qui m'a toujours aidé dans mes recherches sur les phénomenes électriques, & qui frottoit le globe, se sentoit affoiblie, & commençoit à pâlir; mais, cessant cette opération, lorsqu'elle imaginoit que l'électricité étoit la cause de la situation où elle se trouvoit, elle étoit guérie sur-le-champ.

Un homme de condition, attaqué d'une maladie des yeux, espéroit

(1) Zuschrift von der Electricit.

(2) Comment. de Electr. 4. Recherche sur la cause de l'Electricité.

(3) Theoria Electricitatis.

(4) Bibliotheque Britannique.

(5) Nollet, Essai sur l'Electr. Recherch. sur l'Electr. Lettres sur l'Electr.

(6) Experiments and Observations, Vol. 2. Account of the Exper. Philosoph. Transact. n°. 489.

(7) Essai, ou Electricité.

(8) Schreiben von der Ursache der Electr.

(9) Peculiar Account of Electr.

(10) Expériences sur l'Electricité.

(11) Experiments and Observations on Electric.

(12) De Electricitate.

(13) Commentar. Petropol. Vol. 14. pag. 299.

(14) Journal des Savans, ann. 1753. Mars, p. 180.

(15) Lettere del Electricissimo, ann. 1758.

(16) Abhandeling von der Electricit.

(17) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1759, pag. 63.

(18) Philos. Trans. Vol. 48. p. 771.

(19) Philos. Trans. Vol. 51.

trouver du ſoulagement en ſe faiſant électriſer : il tenta cette voie pluſieurs fois ; mais toujours inutilement. Cette méthode ne fut pas plus favorable à un homme qui avoit une otalgie (1), & qu'on électriſa pendant l'eſpace d'un mois ; il arriva la même choſe à un autre qui avoit une odontalgie (2).

En 1749, un Boulanger, âgé de 23 ans, robuſte, & fort ſain de tempérament, tomba en apoplexie, d'où il ne revint que pour tomber en paralyſie, qui lui affecta tout le corps. Après avoir éprouvé inutilement toutes ſortes de remedes, le D. *Gaubius* lui conſeilla de ſe faire électriſer : je tentai infructueuſement, pendant les mois de Juillet & d'Août, de lui communiquer la vertu électrique ; je ne pus jamais parvenir à en tirer une ſeule étincelle, quoique d'autres perſonnes qui étoient préſentes s'électriſaſſent parfaitement bien : ayant répété cet eſſai pendant 10 jours différens, il s'en retourna ſans aucun ſecours, & il mourut l'année ſuivante.

En 1750, un Bucheron tomba en paralyſie, qui lui affecta tout le corps, à la ſuite d'une peur qu'il eut d'avoir tué quelqu'un, avec qui il ſe battoit à coups de bâton ; cet homme ne pouvoit ſortir de ſa place : mais, lorſqu'on l'élevoit ſur ſes pieds, il pouvoit alors courir très rapidement droit devant lui ; lorſqu'il étoit parvenu à l'endroit où il ſe propoſoit d'aller, il falloit néceſſairement que quelqu'un, qui ſe trouvoit-là, l'arrêtât, le reçût dans ſes bras, & le mît ſur un ſiege. Cet homme, ayant tenté inutilement tous les remedes applicables en pareille ſituation, voulut être électriſé ; il étoit très propre à recevoir les écoulemens électriques, & il en reçut copieuſement pendant 14 jours de ſuite : il ſentoit très vivement l'étincelle foudroyante, & il étoit autant électrique qu'on puiſſe l'être ; mais il ne fut aucunement ſoulagé : il commença même, à la ſuite de ce remede, à tomber malade ; ſa maladie augmenta au point & dura ſi longtems, qu'il ne voulut plus ſe faire électriſer.

Un ſoldat étoit ſourd depuis 7 ans ; ſa ſurdité augmentoit tellement de jour en jour, qu'il ne pouvoit entendre que ceux qui parloient fort haut : il fit tous les remedes convenables ; &, laſſé de ne point trouver de ſoulagement, il me pria de l'électriſer : je le fis, pendant l'eſpace de 8 jours, en lui tirant des étincelles éclatantes de l'oreille ; mais ce fut encore ſans ſuccès : au contraire, cela lui occaſionna un mal de tête & de la fievre ; de ſorte qu'il ne voulut plus être électriſé.

§. DCCCCXLV *. Indépendamment de toutes ces obſervations, *Joſ. Verat* a donné une Diſſertation ſur l'Electricité médicale, qu'on peut lire dans un Livre, qui a pour titre : *Comm. Bonon.* vol. 3. p. 454, dans laquelle il cite pluſieurs cures, opérées par cette méthode. Le célebre *Ant. de Haen* rapporte, dans ſon Ouvrage ſur la méthode de guérir, chap. 8, p. 139, pluſieurs exemples de malades qui ont été guéris par l'électricité. On a obſervé les mêmes effets en Angleterre.

(1) Otalgie : on donne ce nom en général à toute douleur d'oreille, & en particulier à celle qui ſe fait ſentir dans le méat auditif ; ce mot eſt tiré du Grec ὠταλγια. Il eſt compoſé de ὖς ὠτὸς, *auris*, oreille, & de ἀλγος, *dolor*, douleur.

(2) Odontalgie, ſignifie une douleur de dents ; elle eſt quelquefois accompagnée d'inflammation : ce mot vient du Grec ; il eſt formé de οδος, ὀδοντος, dent, & de ἀλγος, douleur.

Je ne puis néanmoins m'empêcher de louer la candeur d'un Médecin, nommé *Zetzel* : il feroit à fouhaiter que plufieurs Médecins penfaffent comme lui. Voyez à cet égard le Recueil périodique des Obfervations de Médecine, Octobre 1756, page 254.

CHAPITRE XIX.

De l'Aimant.

§. DCCCCXLVI. L'AIMANT eft une pierre dure, qu'on trouve dans prefque toutes les mines de fer ; cette pierre eft de différentes couleurs : il y en a de blanches, de bleues, de noires ; la plus grande partie eft de la couleur du fer : elle a la vertu d'attirer une autre pierre de même efpece, ou du fer, foit qu'elle les touche, foit qu'elle en foit à une très petite diftance. On préfere celles dont les forces attractives font plus grandes.

§. DCCCCXLVII. Cette pierre eft un mixte, naturellement compofé de fer, ou de la matiere du fer, de pierre, d'huile, & de fel ; quelquefois d'autres principes concourent encore à fa compofition : & ce font, ou des métaux, des demi-métaux, &c. On trouve, par l'analyfe chymique, tous les principes qui entrent dans la formation de l'aimant.

§. DCCCCXLVIII. La partie lapidifique qui entre dans la compofition de l'aimant, n'eft pas celle qui jouit de la vertu attractive que nous reconnoiffons dans le mixte : cette vertu n'appartient qu'à l'union des autres principes ; favoir, du fer, de l'huile & du fel, qui font répandues dans toute la fubftance de cette pierre, & qui la rendent propre à exercer la vertu magnétique.

§. DCCCCXLIX. Il fuit de là que, pour donner à un mixte quelconque la vertu magnétique, & que, pour qu'il puiffe la conferver, il n'eft pas néceffaire qu'aucun principe lapidifique entre dans fa compofition. Nous avons une preuve de cette vérité dans les ferremens, qui ont demeuré long-tems en place fur des édifices très élevés, ou qui ont été long-tems expofés aux injures de l'air, pourvu qu'ils ne foient point tout-à-fait rongés par la rouille ; tous ces ferremens fe convertiffent en forts aimants, qui font femblables à ceux que nous fourniffent les entrailles de la terre, & qui n'en different qu'en ce qu'ils ont une plus grande pefanteur fpécifique. *Gilbert*, *Cabée*, font mention de pareils aimants (1) : *Vanhelmont* en parle auffi (2) ; & plufieurs autres Phyficiens, après eux, ont remarqué le même phénomene, qu'on obferve même conftamment dans les Villes de Hollande. Je conferve un morceau de fer qui eft doué d'une grande vertu magnétique, qui fit partie autrefois de la croix de fer qui étoit placée fur le Temple de Delft.

(1) Cabæi Philof. magn. Lib. 3. cap. 37. pag. 283. (2) Aimant trouvé à Chartres.

2°. On voit ſur une tour de Marſeille une groſſe cloche, qui ſe meut ſur une forte barre de fer, qui lui ſert d'axe, & dont les deux extrêmités tournent dans une pierre tendre: depuis 430 ans ou environ, que les choſes ſont dans cet état, il s'eſt amaſſé aux deux extrêmités de cet axe une eſpece de rouille, qui forme une maſſe groſſiere, dont les parties qui s'en détachent ſont douées d'une puiſſante vertu magnétique. Les morceaux qui ſe détachent de cette maſſe reſſemblent extérieurement à la rouille; mais lorſqu'on les caſſe, ils paroiſſent compoſés de particules luiſantes, couchées les unes ſur les autres, comme de petites lames, & ces morceaux ne le cedent en rien à la dureté de l'aimant naturel (1).

3°. Nous tirons encore une preuve de la même vérité; de ce que du fer, frotté ſur du fer, ou qu'on laiſſe tomber perpendiculairement par terre, ou qu'on frotte, en le paſſant ſur un véritable aimant, acquere la vertu magnétique.

§. DCCCCL. On remarque, pour l'ordinaire, dans un aimant naturel deux côtés oppoſés, qui ſont doués, plus que tout autre endroit de la même pierre, de la vertu magnétique; ces deux côtés ſe nomment les *pôles* de l'aimant : l'un eſt appellé *boréal*, & l'autre *méridional*; parceque, lorſqu'un aimant eſt ſuſpendu librement, & qu'il a la faculté de ſe mouvoir, ces deux côtés ſe tournent conſtamment vers les deux pôles de la terre, le pôle boréal de l'aimant vers le pôle boréal, & le pôle méridional de la même pierre, vers le pôle méridional du globe terreſtre. Les parties d'une pierre d'aimant, qui ſont douées d'une plus forte vertu magnétique, ſont ſitués dans la ligne qui va directement d'un pôle à l'autre de la pierre, on a cependant trouvé quelques aimants naturels qui avoient pluſieurs pôles; on en a obſervé dans quelques-uns juſqu'à 8, 9 & 10 (2) : j'ai vu un aimant taillé en cube, dont chaque face étoit un pôle.

Ces ſortes d'aimants ſont moins utiles que les autres, au moins pour communiquer la vertu magnétique à des aiguilles. Un morceau de fer qui a été long-tems expoſé aux injures de l'air, & qui a été placé dans une ſituation verticale, acquere auſſi deux pôles, ſa partie inférieure jouit des propriétés du pôle boréal, & ſa partie ſupérieure de celles du pôle méridional.

§. DCCCCLI. Les pôles d'un aimant naturel demeurent conſtamment dans le même endroit, pourvu que cet aimant reſte ſeul, c'eſt-à-dire, qu'il ne ſoit point placé à côté d'un autre aimant plus fort, & que ſon axe ſoit placé dans la direction univerſelle de la matiere magnétique; au moins c'eſt ce que les obſervations faites juſqu'ici nous ont appris : mais ſi on place ſans ordre pluſieurs aimants, & qu'on n'ait pas ſoin de les diſpoſer de maniere que leurs pôles ſoient dans la même direction, il arrive, à la longue, quelque changement aux pôles de ces aimants, & on ne les retrouve plus dans le même endroit. J'ai moi-même obſervé cet effet, & j'ai remarqué, après pluſieurs années, que les pôles de quelques-uns de mes aimants avoient changé de place. L'induſtrieux *Knight* a trouvé le moyen de changer les pôles d'un aimant naturel, de les multiplier, & de les placer où bon lui

(1) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1731. (2) Philoſ. Tranſ. n°. 450.

ſemble (1). Il coupa un morceau d'une pierre d'aimant, auquel il donna la forme d'un parallélipipede, long de 1, 8 pouces, large de 0, 4 pouces, & épais de 0, 2 pouces; il communiqua aux deux extrêmités de cet aimant la vertu du pôle auſtral, & il donna au milieu de ce même aimant la vertu du pôle boréal: il donna aux deux extrêmités d'un autre aimant naturel, la vertu du pôle boréal, & il excita la vertu du pôle auſtral au milieu de deux de ſes faces oppoſées; dans l'une des extrêmités d'un troiſieme aimant, il plaça le pôle boréal, & diſpoſa enſuite circulairement autour de ce pôle le pôle auſtral.

Dans un autre aimant il forma une eſpece de couronne de pôles contraires. Toutes ces converſions de pôles ſe font aiſément, à l'aide de deux barreaux quadrangulaires, ou de deux parallélipipedes d'acier A B, C D [*Tab.* 23. *fig.* 1.], fortement imprégnés de la vertu magnétique: en plaçant, par exemple, une lame aimantée E F entre ces deux parallélipipedes; cette lame eſt ſi puiſſamment affectée de la vertu magnétique des deux extrêmités qui la touchent, qu'on peut changer ſes pôles à volonté, ou les placer dans tous les endroits de cette lame, qu'on touche, & qu'on preſſe un peu, avec les extrêmités de ces barreaux. Cette expérience m'a toujours parfaitement réuſſi.

§ DCCCCLII. Lorſqu'on place deux aimants l'un contre l'autre, de façon que le pôle ſeptentrional de l'un ſe préſente vis-à-vis du pôle méridional de l'autre, & que leurs axes ſoient placés dans la même ligne droite, ayant ſoin néanmoins que la diſtance qu'on laiſſe entre ces deux aimants ne ſoit point trop grande, pour qu'ils puiſſent agir l'un contre l'autre; alors ces deux aimans s'attirent mutuellement, & s'ils ſont placés de maniere que l'un des deux puiſſe librement s'approcher de l'autre, ils ſe rapprochent l'un de l'autre, & ils s'uniſſent enſemble. Moins la diſtance qu'on mettra entre les deux aimants ſera grande, & plus ils s'attireront fortement; d'où il ſuit que leurs forces attractives ſont autant grandes qu'elles puiſſent être lorſqu'ils ſont en contact. On peut aiſément faire cette expérience, en ſuſpendant un aimant à l'un des bras d'une balance, de façon que l'axe de cet aimant ſoit placé perpendiculairement à l'horiſon, & en attachant au bras oppoſé de la balance un contre-poids propre à tenir en équilibre l'aimant ſuſpendu au bras oppoſé; alors on préſentera un ſecond aimant au-deſſus de celui dont nous venons de parler, à une diſtance néanmoins aſſez petite, pour qu'il puiſſe agir contre celui qui eſt ſuſpendu.

§. DCCCCLIII. Si les deux pôles de ces aimants, qui ſe trouvent oppoſés l'un à l'autre, dans cette expérience, ſont les deux pôles qui portent le même nom, ces deux aimants ſe repouſſeront; ces répulſions ſeront d'autant moins fortes, que les deux aimants ſeront plus éloignés l'un de l'autre, & ils ſe repouſſeront d'autant plus fortement, qu'il y aura moins de diſtance entre l'un & l'autre. J'ai remarqué quelquefois que ces deux aimants s'attiroient lorſqu'ils étoient en contact; on en ſera pleinement convaincu, ſi on approche inſenſiblement celui qu'on tient à la main de celui qui eſt ſuſpendu au bras

(1) Philoſ. Tranſ. n°. 476. & n°. 484. pag. 656.

de la balance, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à les mettre en contact.

§. DCCCCLIV. Les deux pôles de l'aimant attirent également le fer, soit qu'on présente successivement un même morceau de fer, tantôt à l'un, tantôt à l'autre pôle, soit qu'on présente en même-tems deux morceaux de fer à ses deux pôles.

L'aimant agit plus puissamment sur le fer que sur un autre aimant : la vertu naturelle de certains aimants est souvent très foible. M. *Knigth*, dont nous avons déja fait mention, est parvenu à augmenter considérablement leur vertu, & il produit cet effet dans un instant; de sorte que des aimants qui étoient très foibles, acquerent sur-le-champ une force qui ne le cede qu'à peine à celle de ceux dont la vertu magnétique est très considérable. J'avois un aimant armé qui ne portoit que 4 ℔; M. *Knigth*, à qui je le confiai, lui communiqua assez de force pour lui en faire porter 9. J'ai éprouvé, pendant l'espace d'un an, qu'un aimant, dont la force avoit été augmentée, ne paroissoit perdre aucunement de la force qu'on lui avoit communiquée. Le célebre M. *Michel* nous a donné la maniere d'augmenter la vertu magnétique des aimants (1).

§. DCCCCLV. On a cherché pendant long-tems à découvrir la loi de l'attraction magnétique, c'est-à-dire, le rapport qui est entre les forces attractives d'un aimant, & les distances qui limitent la propagation des forces magnétiques attractives. Voici de quelle maniere je m'y suis pris pour parvenir à cette découverte. Je suspendis à un des bras d'une balance fort exacte un aimant cylindrique, dont le poids étoit de 15 dragmes : cet aimant avoit 2 pouces de longueur, son axe étoit le même que l'axe du magnétisme universel, & ses pôles étoient placés dans sa base cylindrique, cet aimant attira, de la maniere suivante, un cylindre de fer qui étoit placé sur une table, & qui étoit exactement de même figure, & de même poids, que l'aimant dont il est ici question.

TABLE.

Distances désignées par des lignes.	La force de l'attraction désignée par des grains dont on fait usage en Médecine.
6	3
5	3 . . . 5
4	4 . . . 5
3	6
2	9
1	18
0	57

(1) Treatise of artifical loadstones.

Si nous faisons attention aux espaces cylindriques interceptés entre les bases des cylindres, il nous paroîtra évident que les forces attractives sont, dans les expériences que nous venons de rapporter, en raison inverse des espaces : or comme ces espaces sont, dans ce cas-ci, comme les distances, les forces attractives sont en raison inverse des distances ; mais il falloit s'assurer, avant de prononcer, si cette loi étoit générale, ou si elle dépendoit de la grandeur ou de la figure des corps : ce fut ce qui me détermina à faire les expériences suivantes.

§. DCCCCLVI. Je suspendis pareillement, au bras d'une balance très exacte, un aimant sphérique, que j'avois tiré d'un autre aimant, mais dont la masse étoit beaucoup plus grosse ; je donnai à cet aimant un diametre égal à celui du cylindrique, & le pôle boréal de cet aimant attira le pôle austral de l'aimant cylindrique, qui étoit placé sur une table, selon les proportions suivantes.

TABLE.

Distances désignées par des lignes.	Force attractive, représentée par des grains de Médecine.
6	21
5	27
4	34
3	44
2	64
1	100
0	260

Concevons une sphere d'aimant renfermée dans un cylindre creux, de maniere que chaque face interne de ce cylindre soit tangente d'un des grands cercles de cette sphere : concevons pareillement que ce cylindre comprenne aussi exactement l'aimant cylindrique : considérons maintenant cette sphere magnétique à différentes distances de l'aimant cylindrique ; alors les espaces creux entre ces deux sortes de corps, seront formés par la base plane de l'aimant cylindrique, & par l'hémisphere du globe magnétique, qui répond à ce cylindre : or ces espaces étant ainsi déterminés, on trouvera que les attractions de ces deux corps, placés à différentes distances l'un de l'autre, seront entr'elles en raison inverse *sesquipliquée* des espaces creux.

§. DCCCCLVII. Mais l'aimant, dans le point de contact, agit & attire avec plus d'activité le fer, qu'il n'attire un autre aimant ; ainsi que l'expérience nous l'apprend : c'est pour cela, qu'ayant présenté le même pôle de l'aimant sphérique au cylindre de fer dont nous avons parlé (§. 955.), ce cylindre fut attiré avec les force indiquées par la Table suivante.

TABLE.

Distance indiquées par des lignes.	Attractions désignées par des grains de Médecine.
6	7
5	9 . . 5
4	15
3	25
2	45
1	92
0	340

Si l'on fait attention aux espaces creux, compris dans le cylindre creux, dont le diametre est égal à celui de la sphere, on trouvera que l'attraction est en raison inverse *sesquidoublée* des espaces creux. Le même aimant n'attire pas, à la vérité, avec de si grandes forces, un cylindre de fer, dont la hauteur seroit moindre que celle du cylindre dont nous venons de parler; néanmoins ces forces attractives, quoique plus foibles, suivent la même loi, & elles l'attirent selon les mêmes proportions.

§. DCCCCLVIII. Un aimant sphérique, suspendu au bras d'une balance, attire un globe de fer de même diametre, placé sur une table directement sous son pôle, avec des forces indiquées par la Table suivante.

TABLE.

Distances mesurées par des lignes.	Attraction indiquée par des grains de Médecine.
8	1
7	2
6	3 . 25
5	6
4	9
3	16
2	30
1	64
0	290

Si l'on place ces ſpheres dans un cylindre creux, & qu'on les poſe à différentes diſtances l'une de l'autre, & qu'on meſure exactement les eſpaces creux qu'elles laiſſent entr'elles, l'expérience fera voir manifeſtement que les forces attractives de l'aimant ſuivent la raiſon inverſe quadruplée des eſpaces creux. J'ai éprouvé, de la même maniere, pluſieurs aimants ſphériques de différens diametres, & j'ai toujours obſervé que leurs forces attractives ſuivoient conſtamment la même loi. Lorſque je fis ces expériences, je ne ſavois pas alors la méchanique du mouvement; connoiſſance néanmoins qui étoit néceſſaire pour l'exactitude de ces expériences. Telle eſt donc la méthode dont je me ſuis ſervi pour découvrir les forces attractives que l'aimant exerce contre un morceau de fer non aimanté; car je craignois que mes expériences ne fuſſent pas auſſi exactes, ſi je me fus ſervi d'un morceau de fer qui eût été doué de la vertu magnétique.

§. DCCCCLIX. D'autres Phyſiciens ayant employé d'autres méthodes, différentes de la nôtre, pour faire les mêmes tentatives, ont eu auſſi des réſultats différens de ceux que nous venons de donner. *Helsham* nous apprend que les expériences qu'il a faites lui ont fait voir que les forces attractives de ſon aimant ſuivoient preſque la raiſon inverſe doublée des diſtances. Le célebre *Martin*, éprouvant les forces attractives d'un aimant contre un morceau de fer, dont la figure étoit celle d'un parallélipipede, a trouvé que ces forces ſuivoient la raiſon inverſe ſeſquipliquée des diſtances (1); ce qui s'accorde parfaitement avec les réſultats que j'ai donnés ci-deſſus, ſoit par rapport à un aimant ſphérique, ſoit par rapport à un aimant cylindrique. (§. 956.). Je ſuis bien éloigné de douter de l'exactitude que ces habiles Phyſiciens ont apportée dans les expériences qu'ils ont faites ſur cette matiere.

Les célebres Mathématiciens, *le Seur* & *Jacquier*, nous ont encore appris une autre méthode de découvrir la force attractive qu'un aimant M [*Tab.*23. *fig.* 2.], taillé en parallélipipede, exerce contre une aiguille de bouſſole aimantée; laquelle, étant d'abord placée dans la ligne du méridien magnétique, eſt enſuite retirée de cette ligne, en prenant différentes déclinaiſons: ces habiles Mathématiciens ont trouvé, par leurs expériences, que la force magnétique ſuivoit la raiſon inverſe triplée des diſtances (2).

En ſuivant la méthode de ces grands hommes, je répétai pluſieurs fois ces expériences avec tout le ſoin & toute l'attention dont je ſuis capable; mais, comme j'ai toujours trouvé quelques difficultés, il m'eſt toujours reſté quelques doutes à cet égard: en effet, il faut ſuppoſer d'abord que l'aimant eſt placé à une diſtance infinie de l'aiguille; &, dans cette hypotheſe, il ne paroît pas que ſon action puiſſe être la même ſur les longues aiguilles que ſur celles qui ſont plus courtes: il ne paroît pas non plus que cette action puiſſe être la même, lorſque les diſtances ſont plus petites, par exemple, lorſqu'elles ne ſont que de quelques pieds: il faut outre cela, faire attention à la forme de l'aiguille; car lorſque l'aiguille eſt faite en forme de fleurs de lys, ſon centre d'oſcillation, ou de rotation, ne peut pas être placé

(1) Philoſoph. Britann. §. 1. p. 39. (2) Commentar. ad Newton. Princ. Philoſ. Tom. 3. p. 40, 41, 42.

aux $\frac{2}{3}$ du centre de fon mouvement : ce qu'on peut cependant faire lorfqu'on lui donne la forme d'un parallélipipede, ou qu'on donne un peu plus de largeur à fes deux extrêmités, qu'à fa partie du milieu. Ce furent ces raifons qui m'engagerent à me procurer les meilleures aiguilles magnétiques que nous connoiffions : ces aiguilles font extrêmement mobiles, leurs chapes font faites d'un morceau d'agate très poli; car celles dont les chapes font de cuivre, font beaucoup moins mobiles. Les pivots des aiguilles, dont je viens de parler, font d'acier trempé; ils font très aigus & très polis. La preuve qu'on peut avoir de la bonté de ces aiguilles, eft celle que voici : fi on approche de ces aiguilles, lorfqu'elles font pofées fur leurs pivots, des barreaux d'acier magnétiques, elles font extrêmement fenfibles à la vertu magnétique; elles quittent auffi tôt la ligne méridienne : mais elles fe rétabliffent dans cette ligne après avoir fait plufieurs ofcillations, & elles répondent au même degré d'où on les avoit tirées. Parmi les aiguilles dont je me fuis fervi pour répéter ces expériences, j'en avois une de 6 $\frac{1}{2}$ pouces rhenan de longueur, & dont on peut voir la forme dans la Table 23, fig. 3, 4, 5; fon poids étoit de 171 grains, poids de Troies. J'en avois une autre de 6 $\frac{1}{4}$ pouces de longueur, une autre d'un pied, une autre de 5 $\frac{1}{2}$ pouces, qui pefoient chacune 92 grains de Troies. J'en avois enfin une autre de 3 pouces de longueur, & qui pefoit 8 grains.

J'ai obfervé qu'à diftances égales de l'aimant, celles qui étoient plus longues & plus pefantes, fe mouvoient plus difficilement que celles qui étoient plus courtes & moins pefantes; néanmoins, en ajoûtant, ou en retranchant quelque chofe dans cette occafion, j'ai toujours obfervé que la loi de l'attraction étoit affez conforme à la raifon inverfe triplée du quarré des diftances : mais je n'ai pas été pour cela affez fatisfait de mes expériences, dont je n'ai pas voulu donner ici le détail, qui m'a paru trop long. Si on confulte la Table qu'on a donnée dans le Commentaire fur les principes philofophiques de *Newton*, on trouvera auffi, en différens endroits, quelques aberrations, qui font que les réfultats des expériences ne fuivent pas conftamment la proportion indiquée ; ainfi que les Auteurs de cette proportion l'ont avoué de bonne foi : on y trouvera auffi ce qu'il faut ajoûter pour faire que ces réfultats fuivent exactement la proportion expofée ci-deffus.

J'ai toujours éprouvé la même chofe lorfque je répétai ces expériences, foit avec des aimants armés, foit avec des aimants non armés, quoique ces derniers foient beaucoup meilleurs que les autres pour répéter plus sûrement ces fortes d'expériences; je les ai auffi répétées avec des barreaux d'acier aimantés, & j'ai toujours trouvé les mêmes réfultats.

§. DCCCCLX. L'aimant attire, non-feulement l'aimant & le fer, mais encore plufieurs parties d'autres fubftances qui contiennent, ou du fer parfait, ou du fer imparfait : or comme cette derniere fubftance fe trouve univerfellement répandue dans la Nature, l'aimant attire toutes les parties des corps qui renferment le principe du fer; quelquefois ce principe eft fi enveloppé, & en fi petite quantité dans les corps qui le contiennent, qu'il échappe à l'action de l'aimant; mais on le rend propre à fe prêter à cette action, par la combuftion, en l'uniffant avec des fubftances graffes, ou avec le phlogiftique. Lorfqu'on le traite de cette maniere, il fe convertit en véri-

table fer, ainſi que je l'ai éprouvé par l'expérience. *Beker* connoiſſoit avant moi cette opération ; mais je ne l'ai appris qu'après avoir fait mes expériences. Dans le regne foſſile, l'éméril, le ſable noir, le ſable de Bruxelles, le ſable rouge, le ſable jaune, le ſable brun, le grenat, la platine *di pinto*, à laquelle une eſpece de grenat eſt unie, toutes ces ſubſtances, dis-je, ſont attirées entierement, ou en partie, par l'aimant : ſi on diſſout la platine dans de l'eau régale, & qu'on diſtille cette diſſolution juſqu'à la moitié du liquide, il reſtera dans la retorte une matiere noire brillante, laquelle, étant édulcorée avec de l'eau, & deſſéchée enſuite, ſera entierement attirée par l'aimant, quoiqu'elle contienne encore des parties blanches & tranſparentes (1). Les pyrites, la porcelaine rouge, le bole, le bole d'Arménie, la pierre hématite, la pierre calaminaire, & par conſéquent quelques parties du ſimilor, la terre rouge, la terre noire, dont les potiers font uſage, l'ocre, la terre d'ombre, le fard rouge des Indes, celui d'Angleterre, le colcotar du vitriol, la terre à foulon, le tripoli, le cobolt, l'orpiment, la mine de plomb, la limaille de zinc non brulée, toute terre, toute argille qui rougit dans le creuſet, pluſieurs parties des pierres que le Véſuve vomit dans ſon embraſement (2), le réſidu de la diſtillation du ſoufre, tiré des parties minérales des pyrites, pluſieurs parties de la ſuie des fourneaux, les cendres des gazons de Hollande, les cendres rouges du ſuccin brulé (3), le bleu de Pruſſe calciné, &c, toutes ces ſubſtances contiennent du fer ; elles cedent à l'action de l'aimant, & elles en ſont attirées.

Toute eau, celle de pluie, de puits, de fleuve, de fontaine, contient des parties ferrugineuſes. *Geoffroy* (4) nous aſſure que, dans le regne végétal, pluſieurs parties des plantes, des fruits, des bois qu'on brule, fourniſſent des cendres que l'aimant attire lorſque toutes les ſubſtances ont pris leur nourriture & leur accroiſſance dans une terre qui contenoit des parties ferrugineuſes ; & plus la terre où croiſſent les plantes contient de fer, & plus les cendres de ces plantes recelent de parties ferrugineuſes. Suivant le rapport de *Galeat*, on trouve encore dans les cendres de l'éponge quelques parties qui cedent à l'attraction de l'aimant (5). On en trouve auſſi dans le *caput mortuum*, qui reſte après la diſtillation de l'huile de lin, après celle de térébenthine.

Comme les plantes & l'eau font une partie de la nourriture des animaux, il ne doit pas paroître ſurprenant qu'on trouve dans tous les animaux quelques parties qui ſont attirées par l'aimant. Les cendres de cloportes (6), celles des vers de terre, de limaçons, d'hirondelles, de grenouilles, d'oiſeaux, de poules, de viperes, de lievres, de brebis, de bœuf ; toutes ces différentes cendres ſont attirées par l'aimant. Celles qui viennent des os de bœuf, calcinés par un feu violent, de ceux des chevaux, des cochons, des hommes, celles que fourniſſent la corne de cerf, l'épine des anguilles, les yeux de cancres, &c, contiennent, à la vérité, peu de parties qui cedent à la vertu attractive de l'aimant ; mais elles en contiennent toutes néanmoins

(1) Hiſt. de l'Acad. de Berlin, ann. 1757, p. 35. (2) Philoſ. Tranſ. n°. 455. p. 244. (3) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1742, p. 209. (4) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1706. (5) Commentar. Bonon. Vol. 2. Part. 2. p. 29. (6) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1709, p. 59.

plus ou moins. On trouve encore des parties de cette eſpece dans l'urine de l'homme, ſur-tout dans l'urine des néphrétiques (1); ces ſortes de parties ſe manifeſtent dans la terre qui provient de la diſtillation de l'urine : on en trouve encore dans le *caput mortuum* de la diſtillation de ſel ammoniac : on trouve une plus grande quantité de parties ferrugineuſes dans la combuſtion des poumons, des inteſtins, & des autres viſceres des animaux, que dans la combuſtion de leurs parties charnues : on trouve encore de ces ſortes de parties dans le *caput mortuum* que fournit la diſtillation du miel, du caſtoreum, & des coraux. On retire des chairs des poules, des chapons, des colombes, des moineaux, une auſſi grande quantité de parties ferrugineuſes que l'aimant attire ; on en retire des chairs des quadrupedes & des hommes. Il faut néanmoins obſerver que les cendres & les chairs des quadrupedes, qui paiſſent dans un terrein plus abondant en fer, fourniſſent une plus grande quantité de parties ferrugineuſes que les cendres & les chairs des mêmes animaux qui vivent dans un terrein moins abondant en fer. On trouve des parties ferrugineuſes dans le ſang des animaux : on en trouve dans le ſang des chiens, dans celui des bœufs, dans le ſang humain, dans celui des oiſeaux, des grenouilles, dans celui des anguilles ; pourvu qu'on le faſſe cuire, & qu'on le faſſe bruler : il ne faut cependant pas croire pour cela que ces ſortes de parties ſe trouvent auſſi abondamment dans toute ſorte de ſang. On ne trouve point de fer dans la partie ſéreuſe, ainſi que dans la partie fibreuſe du ſang (2) ; cette matiere réſide totalement dans la partie rouge. Bien plus, ſi on a ſoin de laver avec de l'eau les globules rouges du ſang, & qu'on faſſe ſécher à un feu lent le ſédiment que cette eau emporte avec elle, on trouvera dans ce ſédiment une eſpece de pouſſiere obſcure, qui contient un grand nombre de parties que l'aimant attire. Outre cela, ſi on expoſe, pendant une demi-heure, les globules rouges, ainſi lavés, à l'action d'un feu très violent, on en retirera encore des parties ferrugineuſes, qui cé-

(1) On entend par *néphrétiques* ceux qui ſont attaqués d'une eſpece de colique, qu'on appelle néphrétique, qui eſt une douleur très vive qu'on ſent dans les reins, & même dans les ureteres ; cette douleur eſt cauſée par quelquelques pierres, ou du ſable, du gravier, des glaires engagées dans ces parties.

(2) Les Anciens admettoient trois ſortes de parties dans le ſang ; ſavoir, les globules rouges, la ſéroſité dans laquelle ces globules flottent, & les parties fibreuſes On citoit en faveur de cette opinion, les coënes qui ſe forment ſur le ſang des pleuretiques, & ces drapeaux fibreux qu'on remarque dans l'eau dans laquelle on a fait une ſaignée de pied. *Bonh* eſt le premier qui ait combattu cette opinion, & elle ne trouve point aujourd'hui beaucoup de défenſeurs ; car ces fibres ne ſe font remarquer ſenſiblement que dans le ſang extravaſé, & elles doivent leur origine à la coagulation de la partie ſéreuſe. Si ces fibres exiſtoient réellement dans le ſang qui eſt dans les routes de la circulation, il y auroit tout lieu de craindre qu'il n'en réſultât des engorgemens, des obſtructions, comme il en arrive dans les épaiſſiſſemens de la lymphe. Il eſt bon cependant d'obſerver que, dans la partie ſéreuſe du ſang, il ſe trouve des parties plus ténues les unes que les autres ; car on y remarque aiſément des parties gélatineuſes, viſqueuſes : & ce ſont ces ſortes de parties, qui, en ſe rapprochant les unes des autres, lorſque le mouvement du ſang ſe rallentit, produiſent alors des eſpeces de fibres polypeuſes, qu'on remarque quelquefois dans le cœur & dans les vaiſſeaux ſanguins. On attribue encore à ces ſortes de parties, ce qu'on appelle le *ſuſpenſum* dans l'urine.

deront à la force attractive de l'aimant; ainsi que l'ont éprouvé les célebres *Galeat* & *Menghen*, qui ont donné tous leurs soins à cette recherche (1). On a encore éprouvé que les graisses des animaux, séparées des autres parties, & exposées à l'action du feu, ne contenoient qu'une très petite quantité de parties ferrugineuses.

Il suit de toutes ces observations, que les parties ferrugineuses ne sont pas également distribuées dans toute l'étendue du corps des animaux, dont les différentes parties fournissent cette espece de substance; puisque le sang en contient plus que les chairs, que celles-ci en contiennent davantage que les os & que les graisses: or puisque les chairs qui ont été soigneusement lavées, contiennent moins de fer que celles qui n'ont point subi cette préparation, il paroît naturel de penser que le sang est le principal réservoir des parties ferrugineuses.

§. DCCCCLXI. On trouve quelques minéraux qui contiennent beaucoup de fer, quoique leurs parties, réduites en poussiere, ne soient que foiblement attirées par l'aimant: on en trouve d'autres qui contiennent une moindre quantité de fer, & dont les parties néanmoins sont plus fortement attirées par l'aimant; ce qui vient des substances hétérogenes, avec lesquelles ces sortes de parties sont alliées; de sorte qu'on ne doit point juger de la plus grande ou de la plus petite quantité de fer qui réside dans un mixte, par la plus grande ou la moindre facilité avec laquelle ses parties sont attirées par l'aimant. Il y a des minéraux sur lesquels l'aimant n'a point de prise, & qui, étant fondus, à l'aide d'un feu violent, ne se changent pas en régule métallique; mais se convertissent en verre: si l'on joint le phlogistique à ce verre, & qu'on le traite avec un feu violent, on en formera d'excellent fer. Le fer dissous par les acides, ou qui est uni à une trop grande quantité de sel, ou enfin celui qui est totalement rongé par la rouille, n'est point attiré par l'aimant: ce fer, fondu par un violent feu de charbon, se convertit en verre, & le phlogistique qu'on y ajoûte ensuite, le convertit de nouveau en fer (2).

§. DCCCCLXII. L'aimant communique sa force attractive au fer dès qu'on le passe sur un de ses pôles, ou à une distance peu éloignée au-dessus d'un des pôles de cet aimant: le fer auquel on a communiqué cette vertu, devient lui même semblable à un véritable aimant, & peut communiquer la même vertu à un autre morceau de fer: il faut néanmoins observer que le fer auquel on veut communiquer la vertu magnétique, doit être d'une certaine longueur, & qu'il ne doit point être trop épais; car l'expérience fait voir qu'un morceau de fer trop long, ou trop épais, ne peut point acquérir cette vertu, à l'aide d'un aimant naturel, ou qu'il ne peut tout au plus contracter qu'une très foible vertu magnétique.

Un morceau d'acier reçoit plus de vertu magnétique qu'un morceau de fer, de même figure & de même grandeur; l'acier, dont la trempe est très dure, acquiert aussi plus de vertu, & la conserve plus long tems que l'acier dont la trempe est moins dure, ou que celui auquel on a donné une couleur bleue. Aucune substance ne reçoit plus aisément, & en même-tems plus

(1) Commentar. Bonon. Vol. 2. Part. 2. p. 244. Comment. Bonon. Vol. 2. Tom. 2. p. 27.

(2) Crameri Docimasia, Lib. 1. p. 207.

foiblement

foiblement, la vertu magnétique, qu'un morceau de fer mou; il y a de l'acier qui reçoit plus aiſément cette vertu, & plus fortement que tout autre: en général, plus l'acier eſt compact, plus ſes grains ſont petits, & meilleur il eſt pour acquérir la force magnétique, & il eſt d'autant moins propre à cet uſage, que ces grains ſont plus gros, ou qu'il eſt pailleux. Il y a des eſpeces d'acier ſi peu propres à contracter la vertu magnétique, qu'à peine peuvent-ils la conſerver pendant 15 jours, lorſqu'on la leur a communiquée. Il n'en eſt pas de même de l'aimant naturel, il conſerve conſtamment ſa vertu, & elle ne s'affoiblit même pas, quoiqu'on la lui faſſe communiquer à plus de cent morceaux de fer. Il y a cependant quelques Phyſiciens qui ont avancé que l'aimant perdoit de ſa force lorſqu'on lui faiſoit communiquer ſa vertu magnétique à pluſieurs morceaux de fer. Quoique nous ne voulions point leur donner un démenti à cet égard, nous ne pouvons nous empêcher d'aſſurer, que, quelqu'attention que nous ayons apportée à cette recherche, jamais nous ne nous ſommes apperçus qu'il ſoit arrivé la même choſe à nos aimants.

§. DCCCCLXIII. Lorſque l'aimant eſt abandonné à lui même, & qu'il a la facilité de ſe mouvoir, on obſerve qu'il dirige toujours un de ſes pôles vers le pôle boréal du monde, & l'autre vers le pôle auſtral. Une aiguille de bouſſole, à laquelle on a communiqué la vertu magnétique, obéit plus aiſément à cette impreſſion, & ſe dirige mieux qu'un aimant vers les deux pôles du monde; & c'eſt auſſi pour cela, que les Phyſiciens & les Navigateurs la préferent à un aimant, & en font uſage. Cette direction néanmoins eſt ſujette, dans chaque endroit de la terre, à des variations continuelles: à Leyde, en Hollande, elle n'eſt jamais conſtante: elle y varie dans l'eſpace de quelques minutes; de ſorte que l'aiguille aimantée paroît continuellement agitée dans ces deux endroits. Il arrive ſouvent au milieu de la nuit, qu'en une heure ou en deux heures de tems, la déclinaiſon occidentale eſt autant grande qu'elle puiſſe être, qu'elle décroît enſuite pendant le jour & le ſoir, & que l'aiguille n'atteint, que vers le milieu de la nuit, ſa direction naturelle; quelquefois elle paſſe au-delà, quelquefois elle reſte encore au-deſſous; de ſorte que la différence diurne eſt quelquefois de 15 minutes, quelquefois de 5, & d'autres fois un peu moindre: on obſerve quelquefois auſſi que la direction de l'aiguille aimantée eſt la même le matin, vers le midi & le ſoir: quelquefois auſſi la plus grande déclinaiſon de cette aiguille ſe fait remarquer au milieu du jour, & elle décroît alors juſqu'au ſoir; de-ſorte que les variations quotidiennes, qui arrivent à l'aiguille aimantée, ne ſont jamais conſtantes à Leyde, autant que j'ai pu l'obſerver pendant l'eſpace de pluſieurs années.

Le célebre *Celſe*, obſervant en Suede les déclinaiſons de l'aiguille aimantée, nous apprend que ces variations quotidiennes ſont de 5 minutes; mais que, dans un tems où il y avoit une aurore boréale, l'aiguille aimantée s'étoit portée tout-à-coup à l'occident, en meſurant un arc de 150 minutes: on n'a jamais obſervé ce phénomene à Leyde pendant l'eſpace de 30 ans. *Celſe* ajoûte que les variations continuelles de l'aiguille ſont régulieres; qu'elle ſe porte conſtamment à l'Occident depuis deux heures après minuit, juſqu'à huit heures du matin, & qu'elle retourne enſuite à l'Orient l'après midi, dans

le même eſpace de tems (1) : d'où on peut juger manifeſtement de la différence qu'il y a entre les phénomenes de l'aiguille aimantée dans les différentes régions de la terre ; car je ne doute aucunement de la bonne-foi & de l'exactitude de *Celſe*. La direction de l'aiguille aimantée differe auſſi dans toutes les régions de la terre, où elle ſouffre pareillement des variations continuelles. M. *Halley* fut le premier qui nous donna une Table exacte des différentes directions de l'aiguille aimantée, dans toutes les régions de la terre, pour l'année 1700 ; mais elles ſont bien différentes actuellement, & elles ne ſe rapportent plus à la Table que cet habile homme nous a laiſſée : d'où il ſuit manifeſtement que, pour obvier à des variations auſſi continuelles, il faudroit, ſinon tous les ans, au moins tous les cinq ans, dreſſer une nouvelle Table des directions de l'aiguille aimantée, juſqu'à ce qu'on eût découvert la cauſe de toutes ces variations, & qu'on fût à portée de ſavoir quelle doit être la variation annuelle que doit ſubir cette aiguille dans chaque endroit de la terre. J'ai dreſſé une Table pour l'année 1744, d'après les obſervations que j'avois recueillies avec ſoin dans les Journaux des Marins. MM. *Mountaine* & *Dodſon* nous en ont donné une autre. Ils n'ont pas moins éprouvé de difficultés pour dreſſer cette Table, par rapport aux grandes variations & aux irrégularités qui ſe trouvent dans la déclinaiſon de l'aiguille aimantée, dans les différentes régions de la terre. En effet, dans l'eſpace de 56 ans, ſous l'équateur à 40 degrés de longitude, à l'Orient de Londres, la plus grande déclinaiſon occidentale fut de 17° 15′; & la plus petite de 16° 30′: tandis qu'à 15° de latitude boréale, & à 60° de longitude occidentale de Londres, la déclinaiſon orientale fut conſtamment de 5°; & à la latitude auſtrale de 10°; & à 60° de longitude orientale de Londres, la déclinaiſon occidentale décrût depuis 17° juſqu'à 7° 15′; & à 10° de latitude auſtrale, & à 5° de longitude occidentale de Londres, la déclinaiſon occidentale crût depuis 2° 15′ juſqu'à 12° 45′. Enfin à 15° de latitude boréale, & à 20° de longitude occidentale de Londres, la déclinaiſon occidentale augmenta depuis 1° juſqu'à 9°. Les deux célebres Obſervateurs, dont nous venons de parler, conſulterent 50000 obſervations, dont ils firent une collection (2). Les déclinaiſons de l'aiguille aimantée, étant ſi irrégulieres dans tous les endroits de la terre, les Phyſiciens ne parviendront jamais à dreſſer des tables qui puiſſent indiquer les déclinaiſons magnétiques pour les années ſuivantes. Il y a très peu d'endroits où l'aiguille aimantée ſe porte directement vers le pôle boréal, & vers le pôle auſtral. Ces endroits ſont marqués ſur les Tables, ſous une courbe, dont le trait eſt double, & qui eſt appellée χαλυβόδειξις. Dans la mer de Norwege, auprès des Iſles Fero, il y a pluſieurs rochers ſur leſquels on ne peut monter avec une bouſſole, ſans que l'aiguille aimantée ne ſe meuve circulairement; & elle y eſt ſi fortement dérangée, que ſa vertu magnétique en eſt altérée, & qu'elle ne peut être rétablie dans ſa premiere force, qu'on ne la retouche. On appelle ces rochers-là *magnétiques* (3). Dans l'Océan occidental, auprès de l'Ecoſſe, eſt une petite Iſle qu'on appelle Canney, auprès de laquelle l'aiguille aiman-

(1) Philoſ. Tranſ. Vol. 47. p. 126. (2) Philoſ. Tranſ. Vol. 50. Part. 1. p. 329. (3) Journal des Savans, ann. 1676, p. 174.

tée ne garde aucune direction. Dans le détroit d'Hudson, auprès des Isles de Marbre, à la latitude de 63°, toutes les aiguilles aimantées perdirent, en 1747, leur vertu magnétique, soit qu'elles l'eussent reçue d'un aimant naturel, ou d'un aimant artificiel; & il n'y en eut pas une seule qui conservât ensuite une direction constante pendant un seul instant: ayant retouché ces aiguilles avec un aimant artificiel, elles perdirent encore sur-le champ leur vertu. On a observé le même dérangement à 62 degrés de latitude boréale, & dans tous les autres endroits du détroit d'Hudson (1). M. *Bouguer*, voyageant dans le Pérou, depuis Plata jusqu'à Honda, rencontra sur son chemin des rochers qui étoient noirs extérieurement, qui, dans l'intervalle de cinq à six pas, causoient une déclinaison de 30° à l'aiguille aimantée (2). Il est naturel de penser qu'on découvrira par la suite quantité de phénomenes que nous ne connoissons pas encore, lorsqu'on connoîtra mieux toutes les parties de notre globe, & qu'on fera des observations exactes, & avec d'excellentes boussoles, en parcourant tous les endroits. Néanmoins nous connoissons actuellement un si grand nombre d'irrégularités, que les Philosophes les plus expérimentés n'esperent pas pouvoir les réduire à des regles constantes; parcequ'elles paroissent dépendre de la structure intérieure de la terre, qui est elle-même exposée à un grand nombre de vicissitudes, par rapport à toutes les secousses, tous les tremblemens de terre qui surviennent de tems à autres, par rapport à toutes les nouvelles cavités qui s'y engendrent, par rapport à celles qui se bouchent & qui se remplissent par les différentes ruines qui se précipitent dedans, enfin par rapport à plusieurs autres circonstances que nous ne connoissons pas encore.

§. DCCCCLXIV. L'aberration, ou la déviation de l'aimant, ou de l'aiguille aimantée, en vertu de laquelle elle s'éloigne de la direction du méridien terrestre, se nomme la *déclinaison de l'aimant*: cette déclinaison est, dans plusieurs endroits de la terre, occidentale; & elle est orientale dans les autres. Telle qu'elle soit, c'est-à-dire, soit qu'elle soit orientale, ou occidentale, elle est exposéeà des vicissitudes continuelles d'augmentation, ou de diminution, & ces vicissitudes ne causent pas peu d'embarras aux Marins. Plusieurs habiles gens ont fait jusqu'à présent d'inutiles efforts pour obvier à cet inconvénient.

§. DCCCCLXV. Quel fut le premier inventeur des aiguilles de boussoles ou de compas? C'est un point d'Histoire sur lequel on n'est pas encore d'accord. Les uns en attribuent la gloire à *Flavius Gioja*, qui naquit vers l'an 1300, auprès d'Amalphi; d'autres attribuent cette invention à *Gujot de Provins*, qui vivoit dans le douzieme siecle; d'autres prétendent que ce furent les Chinois, ou les Orientaux, qui imaginerent cette machine, & qui la communiquerent aux Européens. On peut consulter à cet égard les dissertations que plusieurs Auteurs nous ont laissées sur cette recherche (3).

§. DCCCCLXVI. On construit des aiguilles magnétiques, auxquelles

(1) Ellis, Voyage to Hudson's Bay. p. 221. (2) Voyage au Pérou, p. 84.
(3) Grimaldi nelle Saggi di Dissertatione Academiche lette nella Academia de Cortona, Tom. 3. Dissert. 8. Journal des Savans, ann. 1745, Octobre, p. 170. Commentar. Bonon. Vol. 2. Tom. 3. p. 333 & 372.

on donne différentes formes & différentes grandeurs, ſuivant les uſages pour leſquels on les deſtine : les meilleures ſont celles qui ſont extrêmement mobiles ſur le pivot qui les porte, & qui peuvent non ſeulement recevoir une forte vertu magnétique, mais encore conſerver long-tems la vertu qu'on leur a communiquée; ce ſont celles qui, lorſque leurs vibrations ceſſent, retournent exactement au même point d'où elles étoient ſorties, & dont on obſerve très aiſément toutes les directions & tous les changemens qui leur arrivent. J'en ai une excellente, faite par un habile Ouvrier, nommé *Smeaton*; elle eſt d'un très bon acier, & très bien trempée : je lui ai communiqué une très grande force magnétique, par le moyen des barreaux d'acier aimantés de M. *Knight*. Telle eſt la forme de cette aiguille; elle eſt de même largeur dans toute ſa longueur, avec cette différence cependant qu'elle eſt un peu plus large vers ſon milieu M N [*Tab.* 23. *fig.* 4. 5.], afin qu'on puiſſe percer à cet endroit un large trou C D : les deux extrêmités A & B, fig. 4, ſont un peu arrondies; elle eſt repréſentée, dans cette figure, poſée ſur ſon pivot P, & on la voit en-deſſous dans la fig. 5. La pointe du pivot P eſt d'acier; elle eſt extrêmement aiguë, très dure & fort polie. Au milieu de cette aiguille eſt fixé un cylindre creux de ſimilor C E F D, dont la hauteur eſt d'un pouce : dans la partie ſupérieure de ce cylindre eſt enchaſſé un morceau d'agate E G F, dans l'épaiſſeur duquel eſt creuſée une petite cavité polie, afin qu'il puiſſe rouler librement ſur le pivot P : aux deux extrêmités A & B de l'aiguille, ſont adaptés deux bras A K, B H, fait d'une lame mince de ſimilor, qui ſe terminent ſupérieurement en forme de petits ſtilets K L, H I, diſpoſés à angle droit ſur ces bras; ces ſtilets ſont extrêmement pointus, & ſont placés dans la ligne droite L K E F H I, qui eſt ſuppoſée paſſer par le ſommet du pivot P, ou par le point du morceau d'agate E G F, qui s'appuie & qui roule ſur le pivot. Une aiguille, conſtruite de cette façon, peut recevoir de très fortes impreſſions, & être agitée d'un mouvement très rapide, ſans perdre ſon point d'appui, & tomber de deſſus ſon pivot; parceque ſes extrêmités L & I ſont placées dans la même ligne droite que la pointe du P pivot, & qu'elles demeurent conſtamment en ſituation, malgré l'ébranlement que cette aiguille peut recevoir : & par ce moyen on peut toujours obſerver commodément, & juger ſainement de la véritable direction de l'aiguille aimantée, ſoit qu'elle ſoit en repos, ſoit qu'elle ſoit ébranlée vers ſes extrêmités L & I.

Pour conſerver ſoigneuſement cette aiguille, il faut la placer dans une boîte de bois M N O Q; aux deux extrêmités de cette boîte ſont placées deux lames S, T d'ivoire, découpées en forme d'arc, & diviſées en pluſieurs degrés; au centre des cercles, ſur la circonférence deſquels cette diviſion eſt tracée, eſt ſitué le pivot qui porte l'aiguille dont nous venons de parler : tout cet appareil eſt recouvert & fermé par un verre, au travers duquel on peut obſerver les mouvemens & la direction de cette aiguille. Outre l'appareil que nous venons de décrire, il y en a encore un autre différent, renfermé dans la même boîte : ce ſecond eſt d'ivoire, & non de ſimilor; parcequ'on a remarqué que la pierre calaminaire contient quelques parties ferrugineuſes, qui cedent à l'impreſſion de l'aimant, & qu'on a obſervé auſſi que l'aiguille aimantée, ſenſible aux impreſſions du ſimilor, étoit troublée dans

fes mouvemens (1). V W eft un cylindre d'ivoire, mobile dans les deux yeux V W, dans lefquels il roule : fur le milieu de ce cylindre eft adaptée une petite lame X Z, percée vers fon milieu, pour donner un libre paffage au pivot qui foutient l'aiguille. A l'extrêmité de cette lame eft fituée une plaque ovale Y, qu'on peut faire mouvoir circulairement, à l'aide d'une manivelle, placée au-dehors de la boîte; l'extrêmité faillante de cette plaque peut, par ce moyen, être placée en-deffus ou en-deffous : on voit outre cela, au fond de la boîte, un reffort a b, dont l'extrêmité a, porte contre la lame X Z, & qui fait un effort continuel pour pouffer cette lame en-haut; ce qui fait que, lorfqu'on abaiffe la pointe de la plaque Y, la lame X Z cede à l'effort du reffort, & qu'elle s'éleve : en s'élevant, elle éleve avec elle l'aiguille aimantée, & elle l'applique contre le verre qui recouvre la machine; par ce moyen le pivot qui porte cette aiguille, ne peut point être émouffé lorfqu'on tranfporte cette machine d'un endroit dans un autre. Il y a outre cela des vis aux deux côtés de la boîte, afin qu'on puiffe mettre cet appareil de niveau. Outre l'aiguille, dont nous venons de donner la defcription, il y a encore d'autres aiguilles aimantées, aux extrêmités defquelles font adaptées des aîles graduées, & dont chaque degré eft fubdivifés, afin qu'on puiffe juger de la déclinaifon de l'aiguille minute par minute. J'ai donné autrefois la defcription de ces fortes d'aiguilles.

§. DCCCCLXVII. Je vais encore donner ici une légere defcription des meilleures bouffoles que nous ayons, au moyen defquelles on peut obferver l'azimuth du foleil; moyen très facile pour découvrir, par un calcul très aifé, la déclinaifon de l'aiguille magnétique. La forme de cette aiguille [*Tab.* 23. *fig* 6.], repréfente une lame plane dans prefque toute l'étendue de fa longueur, qui eft arbitraire : elle eft de même largeur felon toute fa longueur; cette largeur eft fouvent = $\frac{1}{10}$ de pouce, & fon épaiffeur eft = $\frac{1}{24}$ de pouce : elle fe termine de part & d'autre par des extrêmités qui forment des angles très obtus; le milieu de cette aiguille eft percé d'un trou d'une grandeur fuffifante pour que le pivot, fur lequel elle roule, puiffe y paffer librement, après avoir adapté à la circonférence de ce trou, un cylindre creux, faillant au-deffus de l'épaiffeur de cette aiguille, & qui fe termine fupérieurement par un morceau d'agate concave & poli : cette aiguille eft placée entre deux cartons circulaires, collés l'un fur l'autre, & elle y eft fortement établie. Les Flamands appellent ces cartons *rofes*, eu égard aux rhombes des vents qui y font gravés, & à la figure de l'étoile qui y eft deffinée : la marge de la rofe eft divifée en degrés, felon l'ufage ordinaire. Lorfque la rofe eft placée fur fon pivot, elle y fait des vibrations qui fe fuccedent les unes aux autres pendant quelque tems, & qui perféverent d'autant plus longtems, que le pivot eft plus aigu : or comme cet effet fe manifefte principalement dans les vaiffeaux qui font expofés aux mouvemens des vagues, & aux impreffions des vents, on remédie en partie à cet inconvénient, en adaptant, fur la furface de la rofe inférieure, des morceaux de cartons, auxquels on donne la forme de petites aîles étendues; ces aîles, étant obligées de divifer l'air pour fe mouvoir, rendent l'aiguille moins mobile, & font qu'elle

(1) Philof. Tranf. Vol. 50. Part. 2. p. 774.

parvient plus promptement à l'état de repos. Cette rose, ainsi que le pivot sur lequel elle roule, sont placés dans une boîte de cuivre cylindrique HIKL, dont l'intérieur est peint en blanc; cette boîte porte extérieurement deux pivots M, diamétralement opposés l'un à l'autre, au moyen desquels elle est suspendue, & elle se meut librement dans un anneau NMO : cet anneau porte aussi lui même deux autres pivots D, E, éloignés chacun d'un quart de cercle des deux premiers dont nous venons de parler; par le moyen de ces deux derniers pivots D, E, l'anneau qui porte la boîte cylindrique, est mobile dans un demi-cercle PRQ : à l'aide de ces deux mouvemens, la boussole demeure constamment parallele à l'horison, malgré tous les mouvemens qne l'agitation de l'eau peut procurer au vaisseau. Le dernier anneau PRQ est percé en R d'un trou qui donne entrée à un cylindre, qui s'éleve sur le pied de la machine, & sur lequel elle roule librement, malgré tous les mouvemens auxquels la boussole est sujette; la rose demeure comme immobile, & soumise aux impressions du magnétisme universel, elle reste constamment tournée vers un des points du monde, soit boréal, soit austral. Toute la machine est placée dans une boîte de bois, sur le fond de laquelle est établi le pied de la boussole. La partie supérieure de cette derniere boîte est recouverte par un morceau de verre qui garantit toute la machine des injures des vents & de l'air.

Sur le limbe supérieur de la boîte cylindrique sont établies deux pinules AC, BF, opposées l'une à l'autre : d'une de ces pinules à l'autre est attaché & tendu un fil horisontal BA, qui passe au dessus du centre de la rose : or comme il n'est pas possible de tracer exactement ce fil, dans la figure ci-jointe, nous laissons à l'imagination le soin de se le représenter. Ce fil AB est coupé à angles droits par un autre XZ, qui passe aussi par conséquent au-dessus du centre de la rose. La pinule FB est fendue verticalement, selon une grande partie de sa longueur, d'une fente extrêmement étroite : la pinule CA porte pareillement une fente, mais plus large, coupée par la moitié, & verticalement par un fil. Dans la partie intérieure de la boîte cylindrique sont placées deux perpendiculaires BS, & AY, qui répondent aux deux extrêmités de la ligne AB, par le moyen desquels on peut connoître aisément & exactement le degré correspondant de la rose. Cet appareil est fait pour connoître l'azimut, & la déclinaison de l'aiguille aimantée, au lever & au coucher du soleil; mais il faut nécessairement, pour faire usage de cette machine, que deux Observateurs operent ensemble. Un des deux Observateurs regarde par la pinule BF, & il tourne circulairement la boîte cylindrique jusqu'à ce que le fil, qui est situé perpendiculairement suivant la longueur de la pinule AC, réponde au disque du soleil, ou coupe ce disque en deux parties égales : lorsque les choses sont ainsi disposées, & que la boîte est en repos, le second Observateur, considérant le fil horisontal, qui lui répond, compte le degré de la rose que ce fil cache, ou, ce qui revient au même, il considere le degré qui est coupé par la perpendiculaire BS; ce degré indique la distance du soleil au point cardinal le plus prochain, ou détermine la grandeur de son azimut. Comme il arrive rarement que l'atmosphere soit bien pur vers l'horison, à cause des vapeurs qui s'y élevent continuellement, & que le soleil, à cause de cela, paroisse bien distincte-

ment vers cet endroit, il faut obſerver ſon azimut à une plus grande hauteur ; & c'eſt pour cela qu'on fait alors uſage d'une autre eſpece de bouſſole [*Tab.* 23. *fig.* 7.], qu'on nomme *compas azimutal*. La boîte cylindrique de cuivre, ſes pivots, & les cercles mobiles de cette derniere, ſont faits de la même maniere que ceux de la précédente, fig. 6 ; mais cette derniere, repréſentée par la fig. 7, eſt extrêmement mobile dans ſa boîte, du fond de laquelle elle eſt éloignée à quelque diſtance. Sur la partie inférieure T eſt appliqué un poids aſſez lourd, pour empêcher que la roſe ne ſoit ſenſiblement affectée des mouvemens que l'eau fait éprouver au vaiſſeau, & pour que la ſurface de cette roſe demeure conſtamment dans une ſituation parallele à l'horiſon.

Sur le limbe du morceau de verre, qui ſert de couvercle à cette machine, eſt établie une pinule A C, ſemblable à celle dont nous avons parlé précédemment, à travers laquelle paſſe un fil a b c, à un pouce près de hauteur au-deſſus du limbe de verre ; ce fil, diſpoſé parallelement au limbe, eſt attaché à deux ſupports a, c : lorſque le compas, ou la bouſſole, eſt abandonnée à elle-même, ce fil demeure dans une ſituation horiſontale. A l'oppoſite de la pinule, dont nous venons de parler, eſt ſituée une autre pinule B F, de 9 pouces ou environ de hauteur, ſur la longueur de laquelle eſt faite une rainure à jour ; de la partie ſupérieure F de cette pinule, part un fil oblique qui ſe rend au milieu de la pinule oppoſée A C ; de ſorte que ce fil, tout oblique qu'il eſt, forme, avec celui qui occupe toute la hauteur de la viſiere de la pinule A C, & avec la rainure creuſée ſelon la longueur de la pinule B F, forme, dis-je, un plan perpendiculaire au couvercle de la bouſſole. On remarque, outre cela, à chaque pinule trois trous, qui, dans la pinule B F, ſont auſſi éloignés du limbe, que le fil oppoſé, & qui eſt diſpoſé parallelement à l'horiſon ; de ſorte que ces trous, & le fil dont il eſt ici queſtion, ſont tous rangés dans un même plan horiſontal : on voit auſſi au deſſous de ces trois trous un fil diſpoſé parallelement au limbe du verre, ſemblable à celui qu'on remarque à la pinule A C. Ce compas peut être employé pour faire des obſervations & à l'horiſon & à de plus grandes hauteurs.

Voici maintenant la maniere de s'en ſervir. L'œil d'un Obſervateur, étant placé derriere la longue pinule, cherche à découvrir, & découvre, le fil horiſontal qui eſt à l'oppoſite de cette pinule ; alors on fait tourner la boîte juſqu'à ce que le fil, qui eſt diſpoſé verticalement le long de la pinule A C, rencontre le ſoleil, qu'on ſuppoſe être à l'horiſon, ou juſqu'à ce que le fil oblique coupe le diſque du ſoleil, lorſque cet aſtre eſt élevé au deſſus de l'horiſon : alors un autre Obſervateur, dont l'œil eſt placé à la pinule oppoſée, remarque le degré de la roſe, qui eſt caché par le fil diamétral, ou qui eſt coupé par le fil perpendiculaire ; & en comparant ce point avec les deux points d'Orient & d'Occident, on connoît alors l'amplitude du ſoleil, ou ſon azimuth.

Mais lorſque le ſoleil n'eſt que très peu élevé au-deſſus de l'horiſon, comme, par exemple, de 30 degrés, la vue ne ſe dirige pas facilement vers l'horiſon en ſuivant la direction du fil horiſontal, où on ne peut pas alors voir le diſque du ſoleil coupé en deux parties par le fil oblique : c'eſt pour-

quoi, dans cette circonstance, pour peu que le soleil éclaire la boussole, il faut faire son observation à l'aide de l'ombre. Pour réussir selon cette méthode, il faut que l'Observateur, tournant le dos au soleil, & plaçant son œil à la rainure de la plus petite pinule, tourne la boîte jusqu'à ce que l'ombre, que jette alors le fil oblique, tombe exactement sur la rainure de la pinule opposée BF, quoique le couvercle & ses pinules soient un peu inclinées à l'horison; ce qui peut arriver, par la disposition du vaisseau, lorsqu'il est placé sur une éminence: dans ce cas, le triangle formé par le fil, est alors dans le même plan que le soleil; en retenant donc la boussole dans cette situation, on connoît, de la même maniere que précédemment, l'azimut du soleil.

Il y a à Leyde un très habile Ouvrier, nommé *Jean Paauw*, qui fait ces sortes de boussoles, avec la plus grande exactitude. On en garde plusieurs dans le cabinet de Delft, où le célebre & le très savant *Jean Van der Wall L. A. M.*, Docteur ès-Arts, & Professeur de Mathématiques, en enseigne la description & l'usage aux jeunes gens qui se destinent à la marine.

§. DCCCCLXVIII. Il y a différentes manieres d'aimanter les aiguilles de boussole.

1°. Supposons que C & E [*Tab.* 23. *fig.* 8.] représentent les deux pôles d'un aimant; qu'un de ces deux pôles, par exemple, le pôle C, soit élevé, il n'est pas nécessaire pour cela que l'aimant soit sphérique: que NA représente une aiguille de boussole, au milieu de laquelle est fixée la châsse D; cela posé, placez sur le pôle C de l'aimant la châsse D de cette aiguille, & faites glisser la moitié DN de l'aiguille du point D au point N sur le pôle C: & répétez plusieurs fois de suite cette opération, en replaçant toujours la partie D de l'aiguille sur le pôle C de l'aimant; cette opération, ayant été répétée plusieurs fois, tournez l'aimant en sens contraire, afin que le pôle E, qui est inférieur, devienne supérieur, & conduisez pareillement sur ce dernier pôle l'autre partie de l'aiguille du point D au point A. Lorsque vous aurez réitéré plusieurs fois cette derniere opération, l'aiguille aura reçu toute la force magnétique qu'elle puisse recevoir.

2°. On peut encore aimanter une aiguille de boussole, en faisant glisser plusieurs fois une de ses deux moitiés sur le pied de l'armure d'un aimant, & l'autre moitié sur l'autre pied de la même armure.

3°. Soient deux barres d'acier BM, SE [*Tab.* 23 *fig.* 9.] fortement aimantées, disposées de façon que le pôle M méridional de l'une touche le pôle S septentrional de l'autre barre. Placez une aiguille de boussole N D A sur ces deux barres, de façon que la châsse de cette aiguille réponde à l'endroit où ces barres se touchent, ainsi que la figure ci-jointe le désigne: appliquez ensuite fortement la partie D N de l'aiguille sur la lame MB: & appliquez pareillement la partie D A de la même aiguille sur l'autre lame S E; alors retirez lentement les deux lames de part & d'autre, & séparez-les l'une de l'autre, ayant soin néanmoins que les deux côtés de l'aiguille demeurent appliqués sur ces lames: lorsque ces deux lames seront suffisamment retirées, pour que les deux parties de l'aiguille ne soient plus posées sur elles, laissez ces deux lames dans une situation qui soit telle, que l'aiguille se trouve

placée

placée entr'elles deux, de façon que l'extrêmité N de l'aiguille touche l'extrêmité M de la barre BM, & que l'autre extrêmité A de la même aiguille, soit en contact avec l'extrêmité S de l'autre barre : les choses ayant subsisté dans cet état pendant une ou deux minutes, retirez alors les deux barres, & l'aiguille sera fortement aimantée, sur-tout si on recommence plusieurs fois cette opération : l'extrêmité N de l'aiguille sera son pôle septentrional, & son extrêmité A sera le pôle méridional.

On peut, par cette méthode, imprimer à une aiguille de boussole une force magnétique, double de celle qu'on pourroit lui communiquer par toute autre méthode connue.

4°. Soient deux barres d'acier fortement aimantées BC & IH [*Tab.* 24. *fig.* 1.], unies entr'elles par deux morceaux de fer doux EG, FK; placez sur chacune de ces deux barres une aiguille de boussole NDA, OSP. Soient, outre cela, deux autres barres aimantées DL, DM, dont les deux pôles opposés se touchent en D; les choses, étant ainsi disposées, faites glisser la barre DL sur la longueur de l'aiguille, depuis la châsse D jusqu'à son extrêmité N : faites pareillement glisser l'autre barre DM sur l'autre partie de la même aiguille, depuis D jusqu'en A; réitérez plusieurs fois cette opération. Pour aimanter l'autre aiguille OSP, placée sur l'autre barre BC, suivez le même procédé que nous venons d'exposer; c'est à-dire, disposez sur cette seconde aiguille les deux barres DL, DM, de la même maniere qu'elles l'étoient sur la premiere NDA; & faites-les glisser plusieurs fois de S en P, & de P en O; ces deux aiguilles seront alors fortement aimantées, & même beaucoup plus fortement que si vous les aimantiez avec le meilleur aimant naturel.

§. DCCCCLXIX. On peut comparer la force avec laquelle la terre, ou la force magnétique universelle, agit contre une aiguille de boussole, avec celle qu'exerce contre la même aiguille un aimant placé dans un endroit quelconque M de son voisinage : supposons en effet une aiguille de boussole ACB, placée selon la direction du méridien magnétique; menez sur le milieu C de cette aiguille la perpendiculaire CM, & placez dans un point quelconque, par exemple en M, un aimant qui attire à lui l'aiguille dont nous venons de parler, & qui lui fasse prendre la situation NCS, oblique au méridien magnétique : lorsque cette aiguille demeure en repos dans cette situation NCS, elle est maîtrisée également par la force du magnétisme universel, qui tend à la rétablir dans la situation ACB, & par la force attractive de l'aimant M, qui tend à l'éloigner de la situation ACB : or la force du magnétisme universel n'agit alors qu'obliquement sur cette aiguille; il faut donc décomposer sa force, exprimée par c a, en a n, perpendiculaire sur l'aiguille, & en n c, parallele à la même aiguille, & on aura a n : a c comme le sinus de l'angle a c n, ou ACN, est au rayon. Pareillement l'action de l'aimant M se dirige aussi obliquement sur l'aiguille N C S : si on décompose donc cette action en b n, perpendiculaire à l'aiguille, & en n c, qui lui est parallele, on aura b n : b c, qui exprime la totalité de l'action de l'aimant contre l'aiguille, comme le sinus de l'angle b c n est au rayon.

Mais comme la force totale du magnétisme universel est à celle qui agit efficacement sur l'aiguille, & qui la dérange de sa situation naturelle, comme

le rayon eſt au ſinus de l'angle nca, & que cette force qui dirige cette aiguille vers M eſt à la force totale de l'aimant M, comme le ſinus de l'angle n c b eſt au rayon; on aura, la force totale du magnétiſme univerſel eſt à la force de l'aimant M, agiſſant à la diſtance donnée, comme le ſinus de l'angle ncb eſt au ſinus de l'angle n ca.

§. DCCCCLXX. Si on implante un axe dans le centre d'une aiguille, de façon que cette aiguille puiſſe repréſenter le fléau d'une balance, cette aiguille, n'étant point aimantée, & étant placée ſur un ſupport, dans une ſituation parallele à l'horiſon, demeurera en équilibre avec elle-même; ſi on fait alors gliſſer un des côtés de cette aiguille, depuis l'axe juſqu'à une de ſes extrêmités, ſur le pôle boréal d'un aimant, & qu'on faſſe pareillement gliſſer l'autre côté de la même aiguille depuis l'axe juſqu'à l'autre extrêmité ſur le pôle auſtral d'un aimant, les deux côtés de cette aiguille ne feront plus en équilibre entr'eux; & l'aiguille, étant poſée de nouveau ſur ſon ſupport, ne conſervera plus ſa ſituation parallele à l'horiſon : car ſi cette aiguille ſe trouve placée dans l'hémiſphere boréale de la terre, la partie qui jouira des propriétés du pôle boréal magnétique, deviendra prépondérante, & la fera trébucher, ſur-tout ſi cette aiguille eſt placée dans la direction du méridien magnétique; au contraire ſi cette aiguille eſt placée au-delà de l'équateur dans une des zônes auſtrales, la partie de cette aiguille, qui ſera douée des propriétés du pôle auſtral magnétique, deviendra prépondérante, & fera trébucher l'aiguille du côté de ce pôle, tandis que l'autre partie, qui regarde le pôle boréal, ſera élevée par la dépreſſion de l'aiguille : on nomme *inclinaiſon de l'aiguille aimantée* cet abaiſſement ou dépreſſion de l'aiguille.

§. DCCCCLXXI. Cette inclinaiſon eſt différente, ſuivant les différentes régions de la terre, & elle eſt même ſujette à des viciſſitudes continuelles dans le même endroit; elle differe encore ſuivant que l'aiguille, dont on fait uſage, a été frottée ſur un aimant plus fort, ou plus foible.

§. DCCCCLXXII. Si l'axe dont nous venons de parler ſe termine en pointe de part & d'autre, comme l'axe d'une balance ordinaire, & qu'il ſoit mobile, de façon qu'il puiſſe tourner circulairement, & que ſon tranchant ſoit exactement placé dans le centre du mouvement de l'aiguille, à laquelle il eſt adapté, & qu'enfin à proportion que l'iaiguille s'incline, ſon axe tourne de plus en plus ſur lui-même, de ſorte que ſon tranchant demeure toujours appliqué ſur la circonférence des yeux du ſupport : l'aiguille, après avoir trébuché, demeurera dans une ſituation perpendiculaire à l'horiſon; parceque, dans cette hypotheſe, les deux parties de l'aiguille demeurent également longues & également peſantes. Dans la Flandre Hollandoiſe, la vertu magnétique fait trébucher le pôle boréal d'une aiguille aimantée; &, quelque foible que ſoit la vertu magnétique qu'on a communiqué à cette aiguille, elle trébuche néanmoins, de façon qu'elle prend une ſituation perpendiculaire à l'horiſon, de même qu'il arriveroit à une autre aiguille, qui ſeroit en équilibre dans une ſituation parallele à l'horiſon, & dont on ſurchargeroit une des extrêmités du plus petit contre-poids poſſible : ce qui ne ſera pas difficile à comprendre à quiconque aura bien conçu ce que nous avons dit ci-deſſus, en parlant de la balance.

Mais si l'axe implanté dans l'aiguille, dont il est ici question, étoit cylindrique, tel que l'axe KREBS [*Tab.24. fig. 2.*], & tel que les Ouvriers ont coutume de les construire; alors, lorsque l'aiguille, en s'inclinant, prendroit la situation MPHF, la partie de cette aiguille, qui seroit abaissée KMBF, deviendroit plus courte, & la partie KPHB, qui seroit élevée, deviendroit plus longue; puisque, dans cette construction, le centre du mouvement n'est pas le même que celui de l'aiguille, mais qu'il est placé dans le point E de la surface de l'axe, lorsque l'aiguille est placée dans une situation horisontale, & qu'il se trouve ensuite situé dans le point B, qui touche un des points de la circonférence des yeux du support, lorsque l'aiguille est inclinée, & par conséquent que ce centre se trouve successivement placé dans tous les points d'un quart EBS de la surface de cet axe, suivant que l'aiguille est différemment inclinée.

Par conséquent si CE, rayon de l'axe, est le sinus total, la partie de l'aiguille qui est abaissée au-dessous de la situation horisontale, décroît à proportion de l'accroissement du sinus de l'angle BCE, que l'inclinaison de l'aiguille fait avec l'horison; de sorte que, si cette aiguille devient perpendiculaire à l'horison, la partie qui sera abaissée sera élevée au dessus de sa situation naturelle d'un demi-diametre de l'axe, & conséquemment cette partie de l'aiguille aimantée sera plus courte que l'autre de toute la longueur du diametre de l'axe. Or la partie de cette aiguille, qui est plus longue pese davantage, & celle qui est plus courte pese moins; par conséquent, lorsque l'aiguille trébuche, il faut que le poids de la partie de l'aiguille qui s'éleve soit en équilibre, & avec l'autre partie de cette aiguille qui pese moins, & avec la force magnétique qui la fait trébucher : mais si la force magnétique, qui oblige cette aiguille à trébucher, est moindre que l'excès du poids de la partie élevée sur le poids de celle qui est abaissée, l'inclinaison de cette aiguille ne sera pas aussi grande qu'elle devroit être : c'est pour cette raison qu'une aiguille, dont l'axe est cylindrique, ne s'incline que très peu, & qu'elle s'incline d'autant plus, que la vertu magnétique est plus forte.

Afin donc de juger prudemment de toute l'intensité de la force magnétique, qui oblige une aiguille à s'incliner, & de ne pas confondre cette force avec aucune autre, on pourroit élever sur le centre de l'aiguille une autre petite aiguille de cuivre, de l'espece de celles qu'on place sur le fléau d'une balance ordinaire : cette aiguille, étant artistement travaillée, pourroit, lorsque l'aiguille aimantée trébucheroit, compenser ce que la partie de l'aiguille qui s'incline perdroit de son poids par cette inclinaison; puisque, à proportion que cette aiguille trébucheroit, le centre de gravité de la petite aiguille s'éloigneroit de plus en plus du centre du mouvement, & on pourroit, par ce moyen, faire ensorte que le poids de la partie abaissée fût toujours en équilibre avec celui de la partie qui s'éleveroit.

§. DCCCCLXXIII. Plusieurs Physiciens ont cru pouvoir connoître la longitude des différens endroits de la terre, à l'aide d'une aiguille d'inclinaison; mais le succès n'a point répondu à leur attente : c'est un instrument de très peu d'utilité, & j'en suis enfin convaincu après plusieurs travaux & plusieurs observations exactes & suivies que j'ai faites pendant une longue

ſuite d'années : MM. *Whiſton* (1) & *Euler* (2) ont fait néanmoins quantité de recherches ſur l'aiguille d'inclinaiſon.

§. DCCCCLXXIV. On peut faire revivre, ou exciter de pluſieurs manieres, la diſpoſition ou la force magnétique du fer, qui n'eſt point pourvu de cette vertu, ou qui n'en jouit que d'une très petite quantité, ou enfin dans qui elle eſt comme éteinte & engourdie.

1°. Si on frotte ſur le pôle d'un aimant un morceau de fer, ou d'acier bien poli, en le faiſant gliſſer ſur ce pôle depuis une de ſes extrêmités juſqu'à l'autre, & ſi on répete pluſieurs fois cette opération ; moins ce fer ſera poli, plus ſa ſurface ſera inégale & raboteuſe, & moins il acquerra de vertu magnétique.

2°. Si on prend un morceau de fer d'une certaine longueur, & qu'après l'avoir placé dans une ſituation perpendiculaire à l'horiſon, on le laiſſe tomber, de maniere qu'une de ſes extrêmités frappe la terre ; cette extrêmité acquerra la vertu du pôle auſtral.

3°. Si, ayant ſuſpendu un morceau de fer, on frappe ſon extrêmité inférieure avec un marteau, la partie frappée aura acquis, par ce choc, la vertu du pôle auſtral (3).

4°. Il arrivera encore la même choſe ſi on fait rougir un morceau de fer, & qu'après l'avoir trempé dans l'eau, on le ſoutienne pendant quelque tems dans une ſituation verticale, ou un peu inclinée vers le pôle boréal.

5°. La foudre communique auſſi au fer qu'elle frappe la vertu magnétique (4).

6°. On aſſure que la même choſe eſt arrivée à une aiguille de bouſſole, à laquelle on communiqua la vertu électrique, lorſqu'elle étoit placée ſur la ſurface de l'eau (5).

7°. On donne encore la vertu magnétique au fer, lorſqu'on le lime, qu'on le polit & qu'on le perce, ainſi que *Boyle* l'a obſervé (6) : c'eſt pour cette raiſon que les vrilles, les tarieres, & tous les inſtrumens dont on ſe ſert pour percer, acquerent, par l'uſage qu'on en fait, la vertu magnétique (7).

8°. Si on place dans un gros étau, de l'eſpece de ceux dont les Serruriers font uſage ; ſi on y place, dis-je, une lame de fer à peu près vers le milieu de ſa longueur, & qu'on la plie & replie ſur elle-même pluſieurs fois, juſqu'à ce qu'elle rompe, les deux levres qui réſulteront de cette rupture, ſeront douées d'une forte vertu magnétique ; ainſi que l'a obſervé M. *de Réaumur* (8).

9°. Si on place une lame de fer, ou d'acier, ſelon la direction d'un méridien magnétique ; ſi on prend enſuite deux verges de fer, conſtruites de maniere qu'une de leurs extrêmités ſoit plus groſſe, & l'autre plus menue, & qu'on les place l'une & l'autre à chacune des extrêmités de la lame de fer

(1) Treatiſe of the Dipping needle. (2) Hiſt. de l'Acad. de Berlin, ann. 1755. (3) Philoſ. Tranſ. n°. 450. n°. 459. p. 614. (4) Philoſ. Tranſ. n°. 492. p. 113. (5) Philoſoph. Tranſ. Vol. 47 p. 289. (6) De Origine variarum qualit, p. 128. (7) Philoſ. Tranſ n°. 246. (8) Hiſt. de l'Acad. Roy. ann. 1723.

ou d'acier qu'elles toucheront par leur extrêmité la plus menue, & qu'on frotte ensuite, avec un corps dur quelconque, la lame intermédiaire, cette lame acquerra une puissante vertu magnétique.

10°. On parvient à communiquer au fer, ou à l'acier, soit mou, soit trempé, une vertu magnétique considérable ; si, ayant construit avec différentes especes de métaux, des lames quadrangulaires & oblongues, ou des parallélipipedes, on les frotte avec d'autres lames de fer, en observant les différens procédés que j'indiquerai dans l'instant. *Saverey* (1), *Marcel* (2), *Michel* (3), *Canton* (4), *Duhamel* (5), nous ont appris différentes manieres d'aimanter le fer & l'acier; & le P. *Rivoir*, dans la Préface de son Traité sur les aimants artificiels, nous a transmis les différentes inventions de ces habiles gens, qu'il a rassemblées (6). Le célebre *Knight* a imaginé un moyen de communiquer à l'acier une vertu magnétique très forte, & de faire d'excellens aimants avec une composition de limaille de fer très fine, mêlée avec différentes substances, qu'il fait rougir au feu, & qu'il traite d'une maniere particuliere.

Cet habile homme n'a pas encore divulgué l'excellente méthode dont il a fait usage. Le savant *Dan. Wilh. Nebel* (7) a travaillé aussi avec beaucoup de succès sur cette matiere.

§. DCCCCLXXV. Si on prend une lame de fer ou d'acier non trempé, d'une figure oblongue, & dont la longueur n'excede pas 6 pouces, la largeur ½ pouce, & l'épaisseur ¼ de pouce; ou si elle est plus courte, moins épaisse, & plus étroite, & qu'on la pose dans une situation horisontale, ou verticale : si on la place dans une situation parallele à l'horison, quelque direction qu'on lui donne, c'est-à-dire, vers quelque partie du monde qu'on la dirige, soit qu'on la pose sur un corps quelconque, métallique, de bois ou de pierre ; quoiqu'une plaque de fer conviendroit mieux pour cet usage, & qu'on la frotte depuis une de ses extrêmités jusqu'à l'autre, en appuyant fortement dessus avec l'extrêmité épaisse & pesante d'une barre de fer : si on répete plusieurs fois cette manœuvre, ayant soin de relever la barre de fer, avec laquelle on frotte, chaque fois qu'on est parvenu à l'extrêmité de la lame qu'on frotte, & de replacer cette barre sur la même extrêmité de la lame par laquelle on a commencé cette opération ; alors, lorsqu'on aura frotté plusieurs fois la même surface, si on tourne cette lame, afin de frotter de la même maniere la surface opposée, savoir, celle qui étoit appuyée sur la table, on communiquera, par ce moyen, une forte vertu magnétique à cette lame : l'extrêmité de cette lame, par laquelle on aura commencé l'opération, que nous venons de détailler, jouira des propriétés du pôle boréal, & l'autre extrêmité de celles du pôle austral : mais si la lame de fer, dont on se sert dans cette occasion, est courte & épaisse, on ne parviendra point à l'aimanter.

§. DCCCCLXXVI. Pour réussir dans cette expérience, il est indifférent

(1) Philos. Trans. n°. 414. (2) Uitgeleeze Natuurkund. Verhand. Tom. 2. p. 261. (3) Treatise of artificial magnets. (4) Philos. Trans. Vol. 47. (5) Hist. de l'Acad. Roy. ann. 1745 & 1750. (6) Rivoir, Traités sur les Aimants artificiels. (7) In Dissert. inaugur. de magn. artif. ann. 1756.

de se servir d'une barre de fer qui soit vieille, & qui ait été destinée à tout autre usage, ou d'en prendre une neuve & faite exprès ; il importe aussi fort peu de tenir cette barre perpendiculairement sur la lame qu'on frotte, ou de l'incliner sur cette lame, de maniere qu'elle forme un angle quelconque avec elle. Il faut cependant observer qu'il y a du fer qui est plus propre qu'un autre pour recevoir & pour conserver la vertu magnétique; pareillement il y a de l'acier qui est préférable à tout autre pour cet usage. L'acier mou & non trempé, reçoit plus aisément la vertu magnétique que l'acier trempé; mais aussi il ne la conserve pas si bien. Le meilleur dont on puisse faire usage, est celui qui est fort compact, & qui est exempt de fentes, de crevasses, & de pailles.

§. DCCCCLXXVII. Si on place une lame d'acier trempé sur un morceau d'acier pareillement trempé, & qu'on la frotte avec une barre d'acier trempée, elle ne recevra pas une si forte vertu magnétique, que si cette lame d'acier étoit posée sur un morceau de fer mou, & d'un grand volume, & qu'on le frottât avec une barre de fer mou.

§. DCCCCLXXVIII. Si on frotte une lame d'acier trempé avec d'autres lames d'acier aimantées, la lame frottée acquerra plus vîte la vertu magnétique.

§. DCCCCLXXIX. Si on place parallelement sur une table deux lames d'acier égales & trempées, & que la distance d'une de ces lames à l'autre ne soit que d'un pouce, ou d'un demi-pouce, & qu'on pose à l'extrêmité de ces lames deux lames de fer mou, également épaisses & de même largeur, de maniere que cet appareil forme un rectangle ; si on prend alors deux lames d'acier égales & aimantées, & qu'on les place vers le milieu d'une des deux lames, dont nous venons de parler, de façon que le pôle boréal d'une des lames aimantées pose sur la lame qu'on veut aimanter, & que le pôle austral de l'autre lame aimantée s'appuie sur cette même lame ; si après avoir incliné de chaque côté les deux lames aimantées, jusqu'à ce qu'elles forment, avec la lame sur laquelle elles s'appuient, un angle aigu, on les fait glisser de part & d'autre, en appuyant fortement sur la longueur de la lame qu'on veut frotter, jusqu'à ce qu'on soit parvenu aux extrêmités de cette lame, & qu'on touche les bandes de fer qui les terminent : si on retire alors les deux lames aimantées, & qu'on les replace, comme précédemment, vers le milieu de la lame déja frottée, pour répéter encore la même opération, & qu'ensuite on tourne cette lame pour frotter pareillement sa surface opposée, & qu'enfin on glisse de la même maniere, par rapport à la seconde lame, qui est placée sur la même table, à quelque distance de celle qu'on vient de frotter : après cette opération les deux lames auront contracté une grande vertu magnétique.

Mais si on frotte ces deux lames en même-tems, &, qu'à l'aide de deux autres lames aimantées, on les frotte, l'une & l'autre des deux côtés, on ne parviendra point à les aimanter ; & même si, avant l'opération, elles jouissoient de quelque vertu magnétique, elles la perdront par cette opération.

§. DCCCCLXXX. J'imagine que la méthode suivante est encore très avantageuse pour aimanter ; supposons deux lames A B, & C D, qui soient

aimantées, & qu'on veuille communiquer la même vertu aux lames E G, & F H; cela posé, placez au bout de la lame A B la lame E G, & que ces deux lames soient dirigées selon la même ligne droite : disposez pareillement à l'extrêmité de la lame C D la lame F H; joignez les extrêmités de ces lames par le moyen des bandes de fer M N & O P, de façon que ces quatre lames forment une espece de parallélogramme : prenez ensuite la lame K L, que je suppose bien aimantée ; placez cette derniere lame sur la lame D H, de façon qu'elle forme avec elle un angle aigu quelconque, & frottez cette lame avec la lame K L, en tirant celle-ci depuis le point D jusqu'au point H: lorsque le point K de la lame K L aura été porté sur le point H de la lame frottée, soulevez la lame K L pour la reporter de nouveau sur le même point D, & réitérez la même opération jusqu'à cent fois : tournez ensuite la lame D H, afin que la surface de cette lame, qui posoit sur la table, devienne supérieure ; placez, comme précédemment la lame K L sur cette nouvelle surface, & répétez encore autant de fois que précédemment l'opération dont nous venons de parler : après cela, transportez la lame K L sur la lame E G, de façon que l'extrêmité L de la lame K L touche le point B; & faites mouvoir, comme dans l'opération précédente, la lame L K sur la lame E G, depuis le point E jusqu'au point G : lorsque vous aurez répété cette manœuvre cent fois, avec la même attention que précédemment, vous tournerez pareillement la lame E G, pour frotter son autre surface, qui est en contact avec la table; plus vous répéterez de fois les frottemens que vous ferez éprouver aux lames E G & F H, & mieux vous parviendrez au but que vous vous proposez : ces lames F H & E G acquerront plus promptement & plus fortement la vertu magnétique. Si les lames A B & C D sont plus fortement aimantées, les précédentes, dont nous venons de parler, s'en aimanteront mieux ; il est bon d'observer ici qu'il n'est pas nécessaire, pour la perfection de cette opération, que les lames A B & C D soient de même longueur que les lames E G & F H : les premieres peuvent être beaucoup plus longues que ces dernieres.

§. DCCCCLXXXI. Voici encore une autre méthode d'aimanter des lames. Soient deux lames d'acier C D & G H [*Tab.* 24. *fig.* 4.], séparées l'une de l'autre par un petit morceau de bois, & unies ensemble à leurs extrêmités par les lames de fer I L, L M. Soient, outre cela, deux autres lames d'acier plus grandes, A B, E F, qui, par leurs extrêmités B & E, soient en contact avec les barres I K, L M, & soient disposées dans la même ligne droite que la lame C D. Il faut que les deux lames A B, E F soient aimantées ; plus elles le seront fortement, & mieux l'expérience réussira : il faut, outre cela, avoir attention que l'extrêmité B de la lame A B soit le pôle boréal de cette lame, & que l'extrêmité E de la lame E F soit son pôle austral ; les choses, étant ainsi disposées, placez sur l'extrêmité A de la barre A B le pôle boréal d'un fort aimant, & conduisez cet aimant, d'un seul trait, sur les lames A B, C D, E F.

Après cette premiere opération, enlevez la lame A B, & placez sa parttie B sur la barre L M, de façon que le point B réponde au point M de ce morceau de fer, afin que la lame A B soit couchée sur la lame G H; enlevez pareillement la lame E F, & placez son extrêmité E sur le point K de la lame

de fer I K, afin que la lame E F soit aussi couchée sur la lame GH : placez alors encore une fois le pôle boréal de l'aimant sur le point A de la lame AB, & faites le encore glisser sur A B, HG, E F. On peut répéter plusieurs fois ces sortes d'opérations, & il faudra ensuite tourner la lame GH dans un sens opposé, pour répéter la même opération sur son autre surface, qui est appliquée contre la table : il faudra après cela faire la même chose sur la surface opposée de la lame C D, les lames A B & E F étant placées dans leur premiere situation; en opérant de cette maniere on parviendra à aimanter fortement les lames C D & G H : on peut encore substituer aux lames intermédiaires C D & GH les lames A B & EF, & placer les deux premieres à la place de ces dernieres; alors on fera glisser comme précédemment un aimant, jusqu'à l'extrêmité de la troisieme : après cette opération on rétablira les choses dans leur premier état, & on la réitérera encore comme auparavant; par ce moyen on aimantera plus fortement les lames CD & GH. Si les extrêmités A, B, C, D, E, F, G, H sont soutenues sur des points d'appui, ou sur des clefs, cela ne nuira aucunement au but qu'on se propose.

Voici maintenant une autre méthode, qui ne differe pas beaucoup de la précédente.

On applique contre les extrêmités des lames CD & GH [*Tab.* 24. *fig.* 5.] les bandes de fer I K, LM; on place après cela d'autres lames d'acier A B, E F, dans la même ligne droite que la lame C D, ainsi que dans la méthode précédente : si on prend alors deux lames aimantées NO, NP, qui se touchent en N, & qui soient placées vers le milieu de la lame C D, & qu'on les conduise en appuyant fortement sur la longueur de cette lame, jusqu'à ce qu'elles soient parvenues aux extrêmités D & C de cette lame, & qu'alors on retire ces deux lames aimantées pour répéter plusieurs fois la même opération; après avoir procédé de la même maniere sur la lame GH, ces deux lames C D, GH auront contracté une puissante vertu magnétique.

Il y a encore une autre méthode très avantageuse pour aimanter des lames. On place sur une table deux lames d'acier CD, GH [*Tab.* 24. *fig.* 6.], auxquelles on a dessein de communiquer la vertu magnétique; on applique contre les extrêmités de l'une de ces deux lames, ainsi que dans la méthode précédente, deux lames aimantées A B, E F : on prend ensuite six lames aimantées N O, P S, on les place de façon que ces six lames se touchent supérieurement en N P, & qu'elles soient éloignées inférieurement les unes des autres de la quantité OS. Les choses étant ainsi construites, on conduit les trois lames N O sur la partie O C de la lame CD, & ensuite, mais d'un même trait, sur toute la longueur de la lame BA : on conduit aussi les trois lames PS sur la partie S D de la lame C D, & pareillement d'un même trait, sur toute la longueur de la lame EF; parvenues à ces deux extrêmités A & F, on retire les six lames pour les replacer de nouveau dans la même situation N O, P S, & on réitere la même manœuvre : on répete aussi la même opération sur la lame G H, après avoir placé les lames A B & E F dans la même situation qu'elles sont placées, par rapport à la lame C D. Deux lames aimantées de cette maniere, acquerent autant de vertu magnétique qu'elles en puissent acquérir; c'est pour cela qu'en très peu de tems elles perdent un peu de la force qu'on leur a communiquée.

§. DCCCCLXXXII.

§. DCCCCLXXXII. Pour communiquer la vertu magnétique, sans le secours d'aucun aimant naturel, à des lames d'acier extrêmement grosses & longues, & qui n'ont jamais été aimantées, il faut commencer par les frotter avec de petites lames, ensuite avec d'un peu plus grandes, & continuer ainsi par gradation à se servir de plus grandes en plus grandes lames; car s'il y a une trop grande disproportion entre les lames frottantes & celles qu'on frotte, on remarquera que les petites lames ne communiquent que de très petites forces à celles qui sont plus grandes; tandis que les grandes lames communiquent sur-le-champ aux petites toute la vertu qu'elles peuvent leur communiquer.

§. DCCCCLXXXIII. *Nebel* néanmoins a démontré que des lames d'acier de différentes longueurs, mais aussi puissamment aimantées les unes que les autres, communiquoient une même vertu à d'autres lames égales entre-elles.

§. DCCCCLXXXIV. A la vérité, si les lames aimantées dont on fait usage, sont de différentes forces, quant à leur vertu magnétique; celles qui auront plus de force en communiqueront davantage à une autre lame, que celles qui en auront une plus foible.

§. DCCCCLXXXV. Mais est-il un moyen de connoître sûrement si une lame d'acier frottée par d'autres lames aimantés, a reçu autant de vertu magnétique qu'elle en puisse jamais recevoir & conserver? Il est certain qu'il n'y a aucune raison, ni aucune expérience qui puisse à cet égard répondre à notre attente: en effet, une lame d'acier frottée sur un aimant, acquiert autant de vertu magnétique qu'elle en peut recevoir de cet aimant; mais il n'est pas moins constant que, si cette même lame eût été frottée sur un aimant plus fort, elle eût acquis une vertu plus puissante; & on peut assurer que cette même lame recevroit encore une plus grande vertu, si on la frottoit avec les plus grandes lames magnétiques de *Knight*. Mais qui est-ce qui pourroit deviner, ou qui oseroit assurer qu'on ne découvrira pas par la suite une meilleure maniere de communiquer la vertu magnétique? On ne reconnoît donc encore jusqu'à présent pour certain qu'un aimant, ou des barres aimantées, communiquent telle ou telle quantité de vertu magnétique à une barre donnée, & que cette force est la plus grande de celles qu'elle peut recevoir par leur ministere.

§. DCCCCLXXXVI. On peut aussi parvenir, par différens moyens, à donner plusieurs pôles à une lame de fer ou d'acier, dont la figure est oblongue: lorsqu'une barre de fer a plusieurs nœuds, & qu'on la frotte sur un aimant, ou sur une baguette aimantée, cette barrre acquiert autant de pôles qu'elle a de nœuds.

Mais si une lame de fer, ou d'acier, est homogene dans toute sa longueur, & qu'elle n'ait point de nœuds; on pourra néanmoins lui communiquer autant de pôles qu'on le jugera à propos, en la plaçant ainsi qu'on a placé un morceau d'aimant [*Tab.* 23. *fig.* 1.] entre deux barres fortement magnétiques; & on placera ces pôles où on voudra, en appliquant entre ces barres les parties de la lame auxquelles on voudra communiquer la vertu polaire.

§. DCCCCLXXXVII. Les forces magnétiques des aimants ſuivent-elles la raiſon directe des ſuperficies, ou ſont elles comme la racine quarrée de leurs poids? C'eſt une obſervation qu'on ne peut faire que ſur les aimants naturels. En effet, connoiſſant d'abord la forme d'une maſſe d'aimant, d'une figure réguliere, & d'une étendue déterminée, il faut couper cet aimant en pluſieurs parties, de différentes grandeurs, & éprouver enſuite la force de chacune de ces parties; mais il n'eſt pas poſſible de faire cette épreuve avec exactitude ſur différens morceaux d'aimants qui ne proviendroient pas de la même maſſe. Mais peut on faire la même épreuve ſur les aimants artificiels? C'eſt ce qui n'eſt pas d'une petite difficulté; parceque, quelqu'habile qu'on ſuppoſe un Artiſte qui conſtruiſe ces lames, quelque ſoin qu'il apporte pour en faire deux tout-à fait ſemblables, quoiqu'il les tire du même morceau d'acier, qu'il les chauffe également, & qu'il les trempe en même tems dans la même eau, il peut fort bien arriver que la trempe de l'une de ces deux lames ſoit plus dure que celle de l'autre, & que par conſéquent la premiere ſoit plus propre à recevoir la vertu magnétique, & qu'elle ſupporte un plus grand poids; ce qui fait qu'on ne peut jamais conclure certainement, d'après les obſervations les plus exactes faites ſur cette matiere (1). Cependant comme les plus habiles Ouvriers apportent des ſoins particuliers pour conſtruire, avec un même morceau d'acier, des parallélipipedes parfaitement ſemblables, je ſoupçonne que la loi de *Bernouilli* pourroit être admiſe, ou au moins qu'elle ne conduiroit pas à une erreur bien ſenſible dans la pratique. Quiconque s'appliquera à répéter de telles expériences, pourra découvrir les différences immenſes qu'il y a entre les forces attractives : lorſqu'on ſuſpend à un des plans d'un parallélipipede aimanté un fer plan qui porte un baſſin, dans lequel on met des poids, il arrive rarement que ce morceau de fer ſoit attiré fortement par la ſurface inférieure du parallélipipede; mais lorſque c'eſt le tranchant de ce même morceau de fer qui eſt en contact avec la ſurface du même parallélipipede, & que ce tranchant eſt bien dreſſé, & qu'il forme une ligne droite très polie, j'ai obſervé pluſieurs fois que, dans ce cas, le ſuſpenſoir porte un poids qui eſt à celui qu'il portoit dans le premier cas, comme 3 : 2, ou : : 4 : 3. Car de dix expériences qu'on répete de la même maniere, à peine rencontr-t-on deux fois le même réſultat; & c'eſt pour cela qu'on ne feroit point mal, dans cette circonſtance, d'ajoûter enſemble les poids qu'on auroit trouvés en répétant dix fois la même expéricnce, & de diviſer cette ſomme par 10, pour avoir un nombre moyen.

J'ajoûterai ici les différentes tentatives que j'ai faites ſur cette matiere, avec tout le ſoin poſſible, ſans aucun préjugé, & ſans intérêt pour aucun parti

1°. J'ai pris pluſieurs parallélipipedes, tirés du même morceau d'acier, forgés & trempés par le même Ouvrier; le premier peſoit 2249 grains : je le plaçai dans une ſituation verticale, & je l'aimantai avec une baguette aimantée.

(1) Bibliotheq. Germaniq. Tom. 16. p. 228. Acta Helvetica, Tom. 2. p. 264.

Le logarithme de 2249 = 3 . 3519895
2

6 . 7039790

Divisant ce nombre par 3) 2 . 2346596 log. du nomb. 171 . 66,
Ce parallélipipede porta un poids moyen de 3412 grains.

2°. Un autre parallélipipede d'acier trempé, & dont le poids étoit = 858 grains; ce parallélipipede, aimanté par la même baguette, & de la même maniere que je viens d'indiquer ci-dessus, supporta un poids moyen = 2267 grains.

Le logarithme du nombre 858 = 2 . 9334873
2

5 . 8669746

Ce nombre, divisé par 3) = 1 . 9556582, logar. du nomb. 90 . 294.

3°. Un autre parallélipipede d'acier trempé, du poids de 545 grains, auquel j'avois communiqué la vertu magnétique de la même maniere que précédemment, porta un poids moyen = 1317.

Le logarithme de 545 = 2 . 7363965
2

5 . 4727930

Ce nombre, divisé par 3) 1 . 8242643, logar. du nomb. 66 . 721.

Si on établit maintenant la proportion suivante, 171, 66 : 3412 : : 90, 294 : 1795, lequel nombre ne s'écarte point trop de celui que l'expérience nous a donné; savoir, 2267 : pareillement, dans la proportion suivante, 171, 66 : 3412 : : 66721 : 1326, 2. Ce dernier nombre 1326, 2 differe très peu du nombre indiqué 1317; d'où il paroît manifestement que si j'avois rencontré dans la seconde expérience une proportion aussi exacte, je me serois servi avec sûreté de la loi de *Bernouilli*. En effet, si le second parallélipipede n'eût porté que 1782 grains, au lieu de 2267, la loi de *Bernouilli* eût été suffisamment établie; peut-être que l'erreur que les résultats de nos expériences nous font observer, dépend de la disposition de l'acier, qui pouvoit être plus ou moins trempé : peut-être que l'Artiste de Dasle a été plus adroit pour donner une trempe convenable à l'acier qu'il a employé; car on ne peut point révoquer en doute l'exactitude du célebre *Bernouilli*. Dans l'embarras où me jettoient les expériences que j'avois faites, je consultai celles qui avoient été faites par de très habiles gens. M. *Knight*, très versé dans ces sortes d'expériences, éprouva qu'une barre d'acier, du poids de 216 grains, porta un poids de fer = 1452 grains. M. *de Buffon* trouva qu'une barre, dont le poids étoit

= 294 grains, portoit un poids de fer = 1710 grains. Comparons maintenant la loi de *Bernouilli* avec ces expériences.

Le nombre 216 a pour logarithme 2 . 3344537
2
4 . 6689074

Ce nombre, divisé par 3) 1 . 5563024 logar. du nomb. 36.

Le nombre 294 a pour logarithme 2 . 4683473
2
4 . 9366946

Ce nombre, divisé par 3) 1 . 6455648, logar. du nomb. 44 . 215.

36 : 1452 : : 44 : 215. Les logar.

1 . 6455648
3 . 1619666, logar. du nomb. 1452.
4 . 8075314
1 . 5563024

En faisant la soustraction, on aura 3 . 2512290 = 1783.

Par conséquent, à la place de 1710 grains, que l'expérience indique, le calcul donne 1783 grains; ce qui ne fait pas une erreur assez sensible pour faire tort à la regle de *Bernouilli*.

§. DCCCCLXXXVIII. Il suit de ces expériences, que les grands aimants artificiels sont plus forts que les petits : de-là si un aimant pese 10 fois plus qu'un autre, on connoîtra le rapport de leur vertu magnétique par la méthode suivante.

Le logarithme du nombre 10 = 1 . 0000000
2
2 . 0000000

(3) 0 . 6666666 = nomb. 4 . 6416.

Mais si l'un des deux est cent fois plus pesant que l'autre,

Le logarithme du nombre 100 = 2 . 0000000
2
4 . 0000000

(3) 1 . 3333333 = nomb. 21 . 544.

D'où il paroît que les grands aimants ne peuvent pas porter un bien grand poids.

§. DCCCCLXXXIX. J'ai obſervé, ſur ces entrefaites, que ſi deux parallélipipedes d'acier trempé, unis enſemble par deux lames de fer, placées à leurs extrêmités, ſont renfermés dans des boîtes de bois; j'ai obſervé, dis je, que ces parallélipipedes jouiſſoient d'une forte vertu magnétique, lorſqu'ils avoient été aimantés récemment; mais qu'ils perdoient beaucoup de leur force dans l'eſpace d'un an; qu'ils en perdoient encore davantage dans l'eſpace de deux ans : & j'ai même obſervé conſtamment cette diminution de force dans toutes ſortes de parallélipipedes, ſoit grands, ſoit petits. A la vérité ils reprennent leur premiere vigueur lorſqu'on les aimante derechef; mais cette opération eſt indiſpenſablement néceſſaire pour cela. D'où je conclus qu'il eſt néceſſaire d'avoir toujours quelques parallélipipedes qui puiſſent ſervir à en frotter d'autres; afin que ces derniers conſervent conſtamment toute la vertu magnétique qu'ils ont reçue. D'autres Phyſiciens ont obſervé, auſſi-bien que moi, ce même phénomene (1); de ſorte qu'il paroit que l'acier ne peut conſerver qu'une certaine quantité de vertu magnétique, quoiqu'on puiſſe parvenir, avec le ſecours de l'art, à lui en communiquer davantage.

§. DCCCCXC. On parvient à diminuer, & même à dépouiller l'aimant, le fer & l'acier de leur vertu magnétique.

1°. En jettant dans un braſier ardent les corps dont nous venons de parler, en les y laiſſant long-tems ſéjourner ſans les remuer, & juſqu'à ce que les charbons ſoient conſumés & les cendres refroidies; ayant ſoin, après les avoir retirés, de ne les point frapper, & de ne les point frotter contre des corps durs.

2°. En frottant les aimants ſur d'autres aimants, les verges d'acier aimantées ſur d'autres verges pareillement aimantées; mais en les faiſant gliſſer ſur un pôle contraire, ou en les frottant ſur le même pôle en ſens contraire de celui ſelon lequel elles auroient été aimantées, ſans répéter néanmoins trop ſouvent cette opération; car elles pourroient parvenir à s'aimanter ſuivant une direction contraire à celle qu'elles auroient déja reçue. Il faut cependant obſerver qu'on vient plus difficilement à bout de détruire la vertu magnétique de tout corps qui en eſt pourvu, ou de l'empêcher de ſe manifeſter, en frottant ce corps ſur l'aimant ou ſur la barre aimantée qui lui a communiqué ſa vertu.

3°. On parvient encore à détruire la vertu magnétique des lames d'acier qui ne ſont point trempées, ſi on les poſe ſur une enclume de pierre, & qu'on les forge avec des marteaux de pierre, & qu'on ne leur faſſe pas éprouver un trop grand, ou un trop petit nombre de coups; lorſqu'on poſe ces lames ſur une enclume de fer, on parvient difficilement à leur faire perdre toute leur vertu magnétique en les forgeant. On détruit encore cette vertu dans les lames dont nous venons de parler, en les jettant par terre, ou en les laiſſant tomber ſouvent, & irrégulierement, ou en les pliant & en les tordant en différens endroits.

(1) Michell, of artifical Loadſtone. Rivoir, dans ſa Préface, p. 68 & 98 des aimants artificiels.

4°. On a éprouvé quelquefois qu'une forte vertu électrique, communiquée à une aiguille de bouſſole, affoibliſſoit conſidérablement ſa vertu magnétique; néanmoins lorſque la vertu magnétique eſt très forte, elle réſiſte à la vertu électrique : & cette derniere n'a aucune priſe contre la vertu magnétique.

5°. *Franklin* a cependant obſervé qu'il pouvoit communiquer la vertu polaire à une aiguille de bouſſole qui ſurnageoit ſur la ſurface de l'eau, en lui communiquant une forte vertu électrique, & qu'il pouvoit à volonté changer les pôles de cette aiguille. Lorſque l'aiguille d'une bouſſole eſt placée dans la ligne du méridien magnétique, & qu'on lui communique la vertu électrique par ſon pôle auſtral, on remarque auſſi-tôt que cette partie de l'aiguille ſe dirige vers le Septentrion; & c'eſt de là qu'on a ſoupçonné que ſi une aiguille eſt frappée de la foudre par ſon pôle auſtral, ce pôle ſe tourne auſſi-tôt vers la partie ſeptentrionale du monde.

6°. Lorſque le tonnerre tombe ſur une aiguille aimantée, il lui fait perdre, ou il diminue conſidérablement ſa vertu magnétique (1); ainſi que je l'ai obſervé dans un jardin que j'avois à Utrecht.

7°. Si un aimant, un morceau de fer ou d'acier, qui jouiſſent d'une forte vertu magnétique, ſont rongés par la rouille, cette rouille détruira tout-à-fait leur vertu; car la rouille eſt incompatible avec elle.

8°. Si on laiſſe un aimant pendant long-tems ſans être chargé de fer, & qu'on le néglige au point de laiſſer ſes pôles dans une ſituation contraire à la direction du magnétiſme univerſel; ou ſi on le garde dans un endroit humide, comme dans un cellier, il perdra beaucoup de ſa force. Le célebre *Deſaguilliers* a obſervé qu'un aimant qui portoit 180 ℔, ayant été renfermé pendant quelques années dans un cellier, ne portoit plus que 120 ℔.

§. DCCCCXCI. La foudre change quelquefois les pôles des aiguilles de bouſſoles, de ſorte que le pôle auſtral devient alors boréal (2), & le pôle boréal devient auſtral (3); quelquefois auſſi elle change la direction de ces aiguilles en augmentant leur déclinaiſon.

§. DCCCCXCII. Si on applique contre les deux pôles d'un aimant deux lames de fer, plus épaiſſes vers une de leurs extrêmités, & recourbées en-dedans vers cet endroit, de façon que le pied d'une de ces lames réponde vis-à-vis du pied de l'autre; on dit alors que l'aimant eſt *armé*. On applique une armure à un aimant, & on ſuſpend aux deux pieds de cette armure un autre morceau de fer, par le moyen duquel cet aimant attire & ſoutient une plus grande maſſe de fer. En effet, le pôle d'un aimant, quelque fort qu'on le ſuppoſe, ne peut porter qu'un très petit morceau de fer; mais une armure, en couvrant les deux pôles de cet aimant, reçoit toute la force répartie entre ces deux pôles : de là, lorſqu'on ſuſpend un morceau de fer ſous les deux pieds d'une armure, & que ce morceau de fer eſt d'une grandeur & d'une figure déterminée, ainſi que d'une épaiſſeur proportionnée; on voit alors qu'il eſt plus fortement attiré par les deux pieds de cette armure, & il peut ſoutenir un plus grand poids avant de ſe ſéparer des deux pieds

(1) Deſlandes, Recueil de Phyſ. T. 3. p. 77. (2) Philoſ. Tranſ. Vol. 47. p. 289.
(3) Philoſ. Tranſ. n°. 492. p. 248.

qui le foutiennent. Cet effet viendroit-il de ce que la vertu magnétique, coulant d'un des deux pôles par l'armure qui lui répond ; paſſant enſuite par le pied de cette armure & par le morceau de fer, fe porteroit vers l'autre pied pour ſe jetter dans ſon armure, & de-là dans la pierre, tandis qu'une même vertu, s'échappant de ce ſecond pôle, ſuivroit en ſens contraire la même direction que la premiere, pour ſe porter pareillement au pôle oppoſé ; & de ce que ces deux courans, ſe prêtant un mutuel ſecours, concourroient l'un & l'autre à ſoutenir le fer appliqué contre les pieds de l'armure, ainſi que le poids dont il eſt chargé ?

§. DCCCCXCIII. On conſtruit pareillement des *aimants artificiels armés*, en raſſemblant enſemble pluſieurs lames d'acier trempé, qu'on a eu ſoin d'aimanter auparavant ; ces ſortes d'aimants ſont propres à porter des poids conſidérables, & ne le cedent en rien, quant à leur vertu, aux plus forts aimants naturels : ils ſervent aux mêmes uſages que ces derniers, & ils ſont très propres à aimanter fortement des aiguilles de bouſſole.

§. DCCCCXCIV. On a imaginé depuis peu en Angleterre des eſpeces de *fer à cheval* aimantés C A B [*Tab.* 25. *fig.* 2.], faits avec de l'acier bien trempé, dont les pôles C & B ſont peu éloignés l'un de l'autre : on applique contre ces pôles une plaque de fer D, à laquelle on ſuſpend un baſſin, qu'on charge de poids. Ces aimants artificiels ſont doués d'une force magnétique conſidérable : j'en ai qui n'ont que 3 pouces de diametre, & qui portent un poids de 7 ℔ *Bernouilli* rapporte qu'il a vu de ces ſortes d'aimants, qui avoient été faits par un Ouvrier nommé *Dietrich*, dont l'épaiſſeur étoit = 5 lignes, la largeur = 9 lignes, la circonférence extérieure = 8 pouces, & qui ſoutenoient un poids = 16 ℔ (1) ; & il ajoûte que pluſieurs autres aimants de cette eſpece, & de différentes grandeurs, avoient reçu des forces qui étoient en raiſon directe de leurs ſurfaces.

Pour communiquer la vertu magnétique à un fer à cheval, tel que E M F [*Tab.* 25. *fig.* 1.], il faut opérer de cette façon : prenez deux lames A B, C D, qui ſoient douées d'une puiſſante vertu magnétique ; joignez ces deux lames enſemble par la bande de fer O P : placez les deux extrêmités A, C aux deux pieds E & F du fer à cheval ; prenez enſuite une troiſieme lame fortement aimantée ; placez une de ſes extrêmités ſur le point E, & conduiſez la, en appuyant fortement en partant du point A ſur la circonférence du fer à cheval juſqu'au point M, milieu de cette circonférence : lorſque vous ſerez parvenu au point M, retirez cette barre, & replacez la de nouveau ſur le même point E, afin de répéter la même opération que précédemment. Il faut réitérer cent fois cette manœuvre : frottez enſuite, de la même maniere, l'autre partie F M de la circonférence du fer à cheval, mais avec l'extrêmité de la lame aimantée qui eſt oppoſée à celle dont vous vous ſerez ſervi pour frotter la partie E M de la même circonférence : ces deux opérations étant achevées, tournez le fer à cheval en ſens contraire, de ſorte que la ſurface qui étoit poſée ſur la table devienne ſupérieure, tournez pareillement les deux lames A B, C D, afin que le pied E du fer à cheval ſoit encore en contact avec l'extrêmité A de la lame A B, & que le pied

(1) Nouvelle Bibliotheq. Germ. Tom. 16. Part. 1. pag. 225.

F soit aussi en contact avec l'extrêmité C de la lame CD : & faites sur cette nouvelle surface la même manœuvre que vous avez faite sur l'autre, vous armerez ensuite cet aimant, ainsi que la figure 2 de la Table 25 l'indique.

§. DCCCCXCV. Nous n'avons encore parlé jusqu'à présent que des phénomenes de l'aimant, & nous n'avons presque rien dit sur la cause de ces phénomenes. Cette cause est telle qu'elle échappe à la foiblesse de nos organes, & qu'elle ne peut tomber sous les sens : car ni le tact, ni l'œil, & encore moins les autres sens, ne peuvent rien déposer qui puisse conduire à sa connoissance ; il est donc très difficile de la découvrir, de la démontrer, & de pouvoir, d'après cette démonstration, rassembler les effets que nous venons de décrire, sur-tout les loix des attractions magnétiques.

§. DCCCCXCVI. J'imagine qu'il convient de rapporter ici ce en quoi la vertu magnétique convient avec la vertu électrique, & ce en quoi ces deux vertus different l'une de l'autre.

1°. La vertu magnétique differe de la vertu électrique, en ce que cette derniere est produite par des écoulemens sensibles ; tandis qu'il n'y a rien dans la vertu magnétique qui puisse affecter aucun de nos sens.

2°. Ces deux vertus conviennent entr'elles, en ce qu'on peut les exciter l'une & l'autre par le frottement ; elles different néanmoins l'une de l'autre.

(*a*) Parceque, pour communiquer la vertu magnétique au fer, il faut employer une espece de frottement particulier ; tandis que pour communiquer à différens corps la vertu électrique, on peut indifféremment se servir de toute sorte de frottement quelconque.

(*b*) Outre cela, la vertu magnétique exige, pour sa production, que le fer soit frotté avec du fer, & non avec toute autre substance quelconque ; au contraire, on ne peut exciter la vertu électrique d'un corps idioélectrique en le frottant avec un autre corps de même espece.

(*c*) Il n'est pas toujours nécessaire d'avoir recours au frottement pour qu'un corps soit doué de la vertu magnétique ; puisque l'aimant naturel, qu'on retire des entrailles de la terre, jouit de cette vertu indépendamment de tout frottement quelconque : pareillement le fer, qui a été exposé pendant plusieurs années aux injures de l'air (§. 949), contracte cette vertu sans être frotté. Il la contracte encore de plusieurs autres manieres, toutes différentes du frottement (§. 974) : mais la vertu électrique ne se manifeste jamais par elle-même, au moins ne se manifeste-t-elle pas bien sensiblement ; car celle qui est excitée par les rayons du soleil, est toujours très foible.

3°. Il y a encore un rapport de convenance entre la vertu magnétique & la vertu électrique, en ce que, si on frotte extérieurement & intérieurement un tube de verre, ou si on remplit un tube de verre, jusqu'à la moitié de sa capacité, avec du sable chaud, & qu'on agite ce sable de façon qu'en se mouvant selon la longueur de ce tube, il frotte ses parois intérieurs ; alors si on suspend à un fil un morceau de papier, découpé en forme de croix, & disposé de façon que sa surface plane soit parallele à l'horison, ce morceau de papier, étant suspendu à peu de distance de ce tube, qui est lui-même placé parallelement à l'horison, ce papier, dis-je, sera attiré par le tube,

contre

contre lequel une de ses branches s'approchera : si-tôt qu'une des branches de ce morceau de papier aura touché le tube, elle en sera repoussée, & une autre branche sera attirée par une autre partie du tube ; pareillement une des extrêmités d'une aiguille de boussole est attirée par le pôle boréal d'un aimant, & son autre extrêmité par le pôle septentrional du même aimant : mais il y a cette différence entre ces deux phénomenes, que la vertu attractive de l'aimant se déploie par les deux extrêmités de l'aimant où gissent ses pôles, & que l'attraction du tube électrique n'agit pas par les parties opposées du tube ; outre cela, les deux extrêmités du tube électrique ne jouissent point de cette force attractive : elle ne se décele que dans les parties qui constituent sa longueur, & qui sont placées entre les deux extrêmités qui la terminent.

4°. La vertu électrique convient encore avec la vertu magnétique, en ce que ni l'une ni l'autre ne peuvent être troublées par l'action d'un foible vent, lors même qu'il souffleroit entre le corps attiré & le corps attirant : on remarque néanmoins cette différence lorsque le vent est humide, son humidité détruit la vertu électrique, tandis que cette même humidité n'a aucune prise sur la vertu magnétique, & qu'elle ne lui apporte aucun changement.

5°. Ces deux especes de vertu, la magnétique & l'électrique, se décelent également dans le vuide de *Boyle* ; mais elles different entr'elles, en ce que la vertu électrique, produite ou excitée dans le vuide, ne se manifeste pas au-dehors du récipient : au contraire la vertu magnétique agit également, & avec la même vigueur, dans le vuide & au-delà du récipient, & aussi librement que si elle étoit excitée dans l'air libre. Lorsqu'on reporte de nouvel air dans un récipient, sous lequel on a fait le vuide, la vertu électrique paroît reprendre de nouvelles forces, & son action se décele alors, & dessous le récipient, & au-delà du récipient ; au contraire la vertu magnétique n'éprouve aucun changement en pareille circonstance : elle agit avec la même force & de la même maniere que précédemment.

6°. L'électricité & le magnétisme ont cela de commun, que ces deux vertus pénetrent plusieurs substances ; la vertu électrique ne pénetre les corps *idioélectriques* qu'à la profondeur de 4 à 5 pouces ; mais elle pénetre le fer jusqu'à la distance de 12225 pieds : pareillement la vertu magnétique se fait à peine sentir à travers un autre aimant ; elle pénetre néanmoins un morceau de fer de deux pieds de longueur ; mais elle ne peut point pénétrer un morceau de fer qui auroit 6 pieds de longueur. En effet, si on place une aiguille de boussole vers une des extrêmités d'une grosse barre de fer, dont la longueur soit de 2 pieds, & qu'après que cette aiguille se sera fixée sur son pivot, ayant fait plusieurs vibrations, excitées par sa proximité de la barre de fer, si, dis-je, on approche un aimant vers l'autre extrêmité de cette barre de fer, & qu'on présente à cette extrêmité, tantôt le pôle boréal, tantôt le pôle septentrional de cet aimant, on remarquera que l'aiguille, placée à l'autre extrêmité, fera plusieurs vibrations, excitées par la vertu magnétique de l'aimant, qui pénétrera toute la longueur de la barre de fer, & qui déploiera toute son action contre l'aiguille : mais si cette barre de fer a six pieds de longueur, l'aiguille dont nous venons de parler ne recevra aucune agitation lorsqu'on approchera les pôles d'un aimant de l'autre extrêmité de cette

barre; ce qui prouve que la vertu magnétique ne peut point pénétrer une aussi longue barre de fer. Si on place une aiguille de boussole sur une lame de fer mince, ou sur une lame épaisse d'un pouce, elle y demeure en repos, étant également attirée de toutes parts; mais si on place sous cette lame un aimant, il agira contre l'aiguille, & il la fera mouvoir, mais plus lentement que si on plaçoit sur une table une masse de fer cylindrique qui peseroit 100 ℔, auprès de laquelle on placeroit une aiguille de boussole, & à la partie opposée de laquelle on présenteroit un aimant: il faudroit, à la vérité, faire mouvoir plusieurs fois sur lui même cet aimant avant qu'on pût observer aucun mouvement dans l'aiguille de boussole dont nous venons de parler, & même le mouvement ne se manifesteroit point avant l'espace de 10 secondes au moins. Si on place devant cette premiere masse de fer une seconde masse, du poids de 50 ℔, de maniere que cette seconde soit en contact avec la premiere, & qu'on pose l'aiguille de boussole devant la seconde masse de fer, si on approche un aimant derriere la grosse masse, de même que précédemment, il s'écoulera plusieurs secondes avant que la vertu magnétique de cet aimant puisse faire mouvoir sensiblement cette aiguille : si on ajoûte une troisieme masse de fer du poids de 50 ℔, & qu'on la place devant la seconde; si on pose l'aiguille devant cette troisieme masse, & qu'on place, comme précédemment, l'aimant derriere la premiere masse, cette aiguille ne recevra alors aucun mouvement : mais elle en recevra un très petit si on répete cette expérience avec une baguette aimantée de M. *Knigth*. Il suit de ces expériences que la vertu magnétique ne pénetre pas à travers toutes sortes de masses de fer, ni qu'elle ne pénetre pas des barres de fer de toutes sortes de longueur; au contraire la matiere électrique pénetre toute la longueur des chaînes de fer, ainsi que celle des barres de fer, quelque longues qu'on les suppose: bien plus, la vertu électrique devient plus forte à proportion qu'elle se répand, & qu'elle pénetre de plus longues barres de fer; propriété qu'on ne peut point attribuer à la vertu magnétique. Outre cela, j'ai observé qu'il n'y a aucun corps, pris à volonté dans le regne végétal, animal, ou fossile, soit dur ou fluide, que la matiere magnétique ne puisse pénétrer & traverser aisément (j'ai fait cette épreuve sur plusieurs cens de corps différens) : mais il n'en est pas ainsi de la matiere électrique; elle ne pénetre pas aussi aisément toutes sortes de corps.

7°. La vertu électrique differe de la vertu magnétique,

(*d*) En ce que la vertu magnétique d'un aimant demeure constamment la même pendant plusieurs siecles, sans qu'il soit nécessaire de faire aucune opération pour la conserver; & qu'au contraire la vertu électrique, excitée dans un corps idioélectrique, ne persévere pas long tems dans le même état, mais qu'elle périt en peu de tems (§. 852).

(*e*) Soit que l'aimant soit imprégné d'humidité, ou qu'on le plonge dans l'eau, soit qu'on le frotte avec de l'huile, du suif, ou avec toute autre matiere quelconque, soit que cet aimant soit brut, ou rempli d'aspérités, soit que le tems soit humide ou sec, cet aimant attire toujours le fer avec la même force; au contraire, si on fait subir les mêmes préparations à un corps électrique, & qu'il se trouve dans les mêmes circonstances que nous venons d'énoncer, alors la vertu électrique périt, ou elle cesse de se manifester.

(*f*) Sur quelque corps qu'on place un aimant, si nous en exceptons le fer, il agit également contre le fer qu'on lui présente, soit que ce fer soit placé sur un corps quelconque, ou qu'il soit suspendu librement; au contraire la vertu électrique n'agit que sur les corps qui sont isolés.

(*g*) La vertu magnétique n'agit que sur le fer; mais la vertu électrique agit sur toute sorte de corps.

(*h*) La vertu magnétique n'est point accompagnée de feu ou de lumiere, d'odeur ou de saveur, ainsi que la matiere électrique, lors même que la vertu magnétique est beaucoup plus forte que la vertu électrique: en effet, quelqu'un peut-il assurer qu'il ait jamais vu aucun corps électrique attirer à lui une masse du poids de 100 ℔; effet que plusieurs aimants produisent en Hollande?

(*i*) La vertu magnétique pénetre la flamme, elle agit même sur les corps qu'on placeroit au milieu d'une flamme; a-t-on jamais observé que l'électricité pût produire le même effet?

(*k*) On peut communiquer à un aimant la vertu électrique, & le rendre pour lors capable de produire en même-tems deux effets; savoir, d'attirer à lui toutes sortes de corps légers, & une masse de fer proportionnée à sa force: au contraire on ne peut point communiquer la vertu magnétique à aucun corps électrisé, & le rendre propre à attirer du fer.

Je n'ai jamais observé que la vertu d'un aimant armé qui est chargé autant qu'il peut l'être, fût augmentée ou diminuée en lui communiquant la vertu électrique; observation qui se rapporte avec celle de M. l'Abbé *Nollet*, qui a éprouvé la même chose avec un aimant naturel & un aimant(1) armé: au contraire la vertu électrique, communiquée à un corps déja électrisé, augmente sa force, & le fait attirer plus puissamment des corps légers.

8°. La vertu magnétique convient encore avec la vertu électrique, en ce que cette vertu ne passe pas aussi aisément d'un aimant dans toute masse de fer quelconque, & de toute sorte de figure; mais elle se communique plus aisément à certains corps d'une certaine figure & d'une certaine ténuité, & plus difficilement à d'autres. Mais ces deux vertus, considérées dans les corps auxquels elles sont communiquées, different entr'elles, en ce que la vertu magnétique, étant communiquée à une longue barre de fer, se trouve rassemblée plus efficacement, ou agit plus efficacement à une des extrêmités de cette barre qu'à l'autre; tandis que la vertu électrique, pareillement communiquée à une barre de fer, est aussi forte à l'une de ses extrêmités qu'à l'autre.

9°. Il y a certains aimants qui attirent & qui supportent des poids de fer = 100 ℔; mais on n'est pas encore parvenu à accumuler assez fortement la matiere électrique sur aucun corps, pour lui faire attirer un poids aussi fort.

10°. Personne n'a jamais remarqué aucune flamme, aucune aigrette, sortir & s'élancer des angles d'un aimant quelconque, ou des angles des plus grandes barres de fer ou d'acier, auxquelles on auroit communiqué une forte vertu magnétique: personne n'a jamais entendu aucun bruissement,

(1) Nollet, Recherch. p. 338.

aucun éclat, produits par le contact de deux corps aimantés; effets qu'on obſerve cependant continuellement dans les corps électriques, & dans tous ceux auxquels on communique la vertu électrique.

11°. La vertu magnétique differe auſſi de l'électricité d'une tourmaline; car un aimant perd ſa vertu lorſqu'on le fait rougir au feu : elle périt pareillement dans les barres d'acier aimantées lorſqu'on les ſoumet à la même épreuve; au contraire la vertu électrique de la tourmaline réſiſte à l'effort du plus violent feu, & elle ſubſiſte dans cette pierre lors même qu'elle a été ſoumiſe à l'action du feu pendant une demi-heure : & c'eſt à *Wilſon* que nous ſommes redevables de cette obſervation.

12°. Juſqu'à préſent nous ne connoiſſons aucun procédé qui puiſſe changer & placer en tout autre endroit les pôles d'une tourmaline, ſoit qu'elle ſoit polie ou brute : on parvient cependant à produire cet effet dans toute ſorte d'aimants; ainſi que nous l'avons déja obſervé.

§. DCCCCXCVIII. Il réſulte de toutes ces obſervations, qui nous font connoître les différences qu'il y a entre les opérations de l'aimant & celles de l'électricité; il en réſulte, dis-je, que les effets de ces deux vertus reconnoiſſent différentes cauſes : & cette obſervation mérite d'autant mieux de trouver ici ſa place, que pluſieurs habiles Phyſiciens ont déja commencé à ſoupçonner, que ſi les cauſes de ces différens phénomenes ne ſont pas abſolument les mêmes, qu'elles ſont néanmoins ſemblables. Attachés à cette idée, ils imaginent qu'il y a un fluide magnétique qui eſt la cauſe immédiate de tous les phénomenes que l'aimant offre à nos recherches, de même qu'il y a un fluide ſubtil qui eſt la cauſe de tous les phénomenes électriques; il y a outre cela d'autres Phyſiciens qui reconnoiſſent dans l'aimant des pores hériſſés de petites barbes, & des canaux munis de ſoupapes, qui font que les écoulemens magnétiques coulent toujours conſtamment dans la ſubſtance de ces corps, en obſervant la même direction.

Or quand cette hypotheſe feroit vraie, il ne feroit jamais poſſible d'en conſtater la vérité, & de la faire recevoir comme une vérité démontrée : il n'y a encore perſonne qui ait pu prouver l'exiſtence des écoulemens magnétiques, & qui ait pu démontrer pour quelle raiſon ce fluide, tel qu'il ſoit, ſoit cannelé ou globuleux, ou de toute autre figure quelconque, n'a aucune priſe ſur tout autre corps quelconque, excepté le fer; & pour quelle raiſon il ne peut attirer ou repouſſer que cette ſeule ſubſtance, puiſqu'il y a encore d'autres ſubſtances plus compactes & moins poreuſes que le fer. Eſt-ce que ce fluide matériel ne pénétreroit pas auſſi aiſément, dans les pores de toute autre ſubſtance quelconque, que dans ceux du fer, & qu'il ne pourroit par conſéquent les mouvoir auſſi aiſément, qu'il met en mouvement les parties ferrugineuſes, de même que le fluide électrique, & tous les autres fluides connus agiſſent ſur toutes ſortes de ſubſtances? Pourquoi donc une aiguille de bouſſole non aimantée, & ſuſpendue librement à un fil très délié, n'eſt-elle pas dirigée par les écoulemens du magnétiſme univerſel? Pourquoi cette même aiguille, placée entre deux barres aimantées, qui ſont à peu de diſtance l'une de l'autre, & dont les pôles oppoſés ſe regardent; pourquoi, dis-je, cette aiguille n'eſt elle pas miſe en mouvement par les écoulemens qui s'échappent, & qui paſſent d'une barre à l'autre, & pourquoi demeure-t-elle

en repos dans cette ſituation? Pourquoi deux barres magnétiques, éloignées l'une de l'autre, & dont les pôles de même nom ſe regardent, ſe repouſſent-elles mutuellement? Pourquoi, lorſqu'on les met en contact, au lieu de continuer à ſe repouſſer, s'attirent-elles? Bien plus, qui eſt-ce qui a jamais remarqué qu'il exiſtât dans le fer des parties hériſſées de barbes, ou des canaux munis de valvules, quoiqu'on l'ait examiné avec les meilleurs microſcopes? Dira-t-on qu'en frottant extérieurement du fer ſur du fer, on parvient à produire, dans l'intérieur de cette ſubſtance, des barbes ou des canaux, & des valvules? Qui eſt-ce qui peut aſſurer un tel fait? On ne doit point admettre, en matiere philoſophique, aucune fiction : d'où il ſuit qu'il convient de ſuſpendre ſon jugement, & d'avouer de bonne foi qu'on ne connoît point encore la cauſe des phénomenes magnétiques, juſqu'à ce que de nouvelles obſervations puiſſent nous l'indiquer aſſez clairement & aſſez manifeſtement, pour pouvoir l'expoſer raiſonnablement.

J'avoue, à la vérité, qu'on a une propenſion aſſez naturelle à admettre un fluide magnétique, & que pluſieurs phénomenes paroiſſent aſſez décéler ſon exiſtence; c'eſt ce qui a donné lieu à cette opinion, qui a été embraſſée indiſtinctement par les Savans, & par les ignorans. J'ai décrit autrefois, & j'ai repréſenté de quelle maniere, ſous quelle forme, ſous quelle diſpoſition s'arrangeoient autour d'un aimant de la limaille de fer & de la pouſſiere faite avec un morceau d'aimant réduit en poudre, lorſqu'on répandoit ces pouſſieres dans le voiſinage de l'aimant, & même ſur ſa propre ſubſtance; mais nous ne connoiſſions pas alors les barres aimantées de *M. Knigth*: il convient donc de décrire ici de quelle maniere de la limaille de fer, répandue autour d'une barre aimantée, s'arrange & ſe diſpoſe.

A C B [*Tab.* 25. *fig.* 3.] eſt une barre aimantée de M. *Knight*, placée ſur un plan de verre, couvert en partie de pouſſiere magnétique; vers le milieu C de cette barre, cette pouſſiere ſe dirige en pluſieurs courbes circulaires D F G E, dont les couches extérieures paroiſſent plus épaiſſes que les intérieures, qui ſont les plus près de la barre aimantée : au delà de D F, vers l'extrêmité A de la barre, ces pouſſieres forment une ſérie de lignes droites, à peu de choſes près, paralleles à la barre : vers les points M & N ces pouſſieres ſe courbent de même que ſi elles étoient ſorties de l'extrêmité A, & qu'elles fuſſent dirigées vers les points M & N; mais elles ſont portées directement de A vers L : on remarque la même choſe vers l'autre extrêmité de la même barre, en I & en K, ainſi que vers le point H, qui répond directement à l'extrêmité de la barre aimantée : d'où il paroît que la vertu magnétique ſe répand en couches circulaires vers le milieu C de la barre aimantée, & que deux autres de ſes écoulemens, ſéparés de celui dont nous venons de parler, ſe portent auſſi circulairement, juſqu'à une certaine étendue, vers les extrêmités A & B. Les Phyſiciens penſent que ces différentes couches, que nous venons de décrire, & qui paroiſſent régulieres, ſon formées par un fluide ambiant, & qui circule autour de la barre magnétique. Examinant avec attention, & à l'aide des meilleurs microſcopes, les couches dont nous venons de parler, elles m'ont paru tout-à-fait irrégulieres, & ſéparées les unes des autres par des eſpaces différens : j'ai obſervé, outre cela, que parmi toutes ces couches, il y en avoit pluſieurs qui étoient compoſées de parties

qui n'avoient point de liaison entr'elles; quoique considérées négligemment avec l'œil, toutes ces parties parussent former une chaîne, une liaison, un tout : j'ai observé de ces couches répandues çà & là, & séparées des autres, les unes étoient plus longues, & les autres plus courtes : j'ai remarqué que, lorsqu'une couche étoit d'une certaine longueur, & que ces parties étoient unies entr'elles, j'ai remarqué, dis-je, que plusieurs de ses parties adjacentes, & j'en ai même compté jusqu'à dix, se touchoient de part & d'autre par de larges surfaces, & formoient, par leur concours, une ligne droite, semblable à celles qu'on observe vers les pôles : j'ai vu deux, & même jusqu'à trois de ces parties, disposées obliquement, & former, par leur contact, en trois points différens, une ligne plus large; j'ai quelquefois observé plusieurs parties en contact avec une autre, qu'elles touchoient en différens points, d'où j'en ai vu d'autres partir solitairement en ligne droite : j'ai vu sortir de ces dernieres, de part & d'autre, des especes de rameaux obliques, qui en partoient comme d'une espece de souche ; ces rameaux étoient composés, tantôt de deux, quelquefois de trois parties, & ils renfermoient, dans le contour qu'ils formoient, de petits espaces vuides; j'ai observé aussi plusieurs petites parties solitaires qui s'échappoient des rameaux que je viens de décrire, & qui formoient ensuite de grands rameaux orbiculaires.

J'ai encore remarqué plusieurs séries de différentes parties, mal disposées entr'elles, sans ordre, & qui avoisinoient celles dont je viens de parler : ces dernieres étoient interrompues par de grands espaces vuides, & elles étoient moins grandes qu'on le dit ordinairement. On en remarque cependant quelques-unes qui forment de longs rameaux courbes, embarrassés les uns dans les autres, unis ensemble, disposés irrégulierement, néanmoins séparés les uns des autres par de grands intervalles : or, avant qu'aucun Physicien veuille & même puisse prononcer sur les dispositions de ces parties, il faut qu'il ait soin de les examiner avec attention, à l'aide d'un bon microscope, qui puisse les représenter & les faire voir en grand. Je n'ai pas voulu en donner ici une plus grande description, qui auroit pu ennuyer le Lecteur. Je ne doute nullement que chacun pourra parvenir à rendre raison de tous ces phénomenes, conséquemment au systême qu'il aura embrassé ; mais il ne s'agit point ici d'explication, mais d'une bonne démonstration.

C'étoit de cette maniere qu'avoient coutume de raisonner les Physiologistes, lorsqu'ils vouloient rendre raison de l'action musculaire, ainsi que de plusieurs phénomenes qu'on observe dans l'économie animale ; persuadés de l'existence des esprits animaux, ils les faisoient couler selon toute la longueur des nerfs; ils les portoient dans les fibres musculaires, qu'ils supposoient véficuleuses, & ils faisoient dépendre la contraction du muscle du gonflement des vésicules engorgées par ce fluide : mais on ne reconnoît point aujourd'hui ce fluide nerveux, & on regarde son existence comme quelque chose de fabuleux. En effet, qui est-ce qui a prouvé jusqu'à présent que les nerfs sont creux (1)? Néanmoins les fonctions de l'économie animale dé-

(1) Il ne seroit point nécessaire que les nerfs fussent creux, pour que des esprits animaux pussent produire l'effet que leur attribuent les partisans de leur existence. Il suffiroit que les nerfs fussent composés de petites fibrilles adossées les unes aux autres, de maniere

pendent d'une caufe particuliere : il en eft de même des phénomenes de l'aimant; ils dépendent néceffairement d'une certaine caufe, & cette caufe eft quelque chofe de réel, qui réfide dans les corps qui la décelent, puifqu'elle agit fur le fer & fur l'aimant, qui font des fubftances matérielles : mais on peut dire auffi que cette caufe n'appartient qu'à ces deux efpeces de corps. Si quelqu'un parvient à découvrir & à démontrer l'exiftence d'un fluide magnétique, nous profiterons volontiers, & avec avidité, de fa découverte, & nous nous ferons un devoir de joindre nos démonftrations à celles qu'il nous en donnera.

§. DCCCCXCIX. Il paroît cependant que la caufe du magnétifme eft générale, & qu'elle eft univerfellement répandue dans tout l'Univers ; puifque, dans tout endroit quelconque de l'Océan, que les Navigateurs aient porté leurs recherches, fi nous en exceptons néanmoins quelques-uns, ils

qu'elles laiffaffent de petits efpaces cylindriques, qui fuivroient la direction des fibrilles conftituantes ; c'eft même la figure que leur attribuent prefque tous les Anatomiftes. D'ailleurs, quelque forme qu'ils aient, il eft conftant qu'il exifte un fluide nerveux, réellement diftingué de ce qu'on appelle *efprits animaux* ; ce fluide circule felon toute la longueur des nerfs, & on le voit couler goutte à goutte lorfqu'on coupe quelque gros tronc de nerf. Ainfi les nerfs font très bien difpofés pour la circulation des efprits animaux, s'ils exiftoient. Mais outre qu'on n'a aucune preuve folide de leur exiftence, ils ne pourroient pas même produire les phénomenes de l'action mufculaire, en fuppofant leur exiftence.

La feule preuve qu'on apporte de l'exiftence des efprits animaux, eft l'expérience de *Borelly*. Voici en quoi elle confifte. Cet habile Médecin lia les nerfs diaphragmatiques d'un chien ; & le diaphragme tomba auffi-tôt en paralyfie : d'où il conclut que cet effet venoit de ce que les nerfs diaphragmatiques étant liés, les efprits animaux ne pouvoient plus fe porter dans le diaphragme pour le contracter. Il preffa enfuite avec les doigts les nerfs diaphragmatiques, & il leur fit fubir cette preffion depuis la ligature jufqu'au diaphragme ; alors ce mufcle fe contracta légérement. *Borelly* conclut, d'après cette expérience, que cette légere contraction dépendoit du peu d'efprits animaux qui étoient contenus dans ces nerfs, depuis la ligature jufqu'au diaphragme, que la preffion obligeoit à paffer dans ce mufcle.

Cette expérience paroiffoit favorifer affez l'opinion de *Borelly*, & elle feroit une preuve affez fenfible de l'exiftence des efprits animaux, fi elle étoit auffi exacte qu'elle le paroît au premier abord ; mais les expériences faites par le célebre *Ferrein*, & que j'ai répétées plufieurs fois, en prouvent manifeftement la fauffeté.

M. *Ferrein*, en répétant l'expérience de *Borelly*, trouva que le mouvement fe rétabliffoit également dans le diaphragme, foit qu'on pafsât les doigts depuis la ligature jufqu'au diaphragme, foit qu'on prefsât ces nerfs depuis le diaphragme jufqu'à la ligature. Bien plus, il remarqua qu'on ne parvenoit point à rendre le mouvement au diaphragme dans l'un & dans l'autre cas, à moins qu'on ne tiraillât un peu les nerfs diaphragmatiques, & qu'on n'excitât quelques vibrations dans ces nerfs. Ce qui prouve la fauffeté de l'expérience de *Borelly*, & l'infuffifance de la preuve qu'on apporte de l'exiftence des efprits animaux.

Bien plus, en fuppofant leur exiftence, font ils capables de produire les phénomenes de l'action mufculaire ? Ces efprits, au rapport de ceux qui les admettent, font un fluide fpiritueux féparé du fang, dans la fubftance corticale du cerveau : or comment pourra fe féparer du fang un tel fluide, dans le cerveau des hydrocéphales ? Comment pourra-t-il fe féparer du fang dans des cerveaux totalement pétrifiés, ainfi qu'on en a vu plufieurs ? Comment pourra s'exécuter l'action mufculaire dans différens infectes, qui vivent encore huit jours & plus, & qui exécutent tous leurs mouvemens après qu'on leur a coupé la tête ? Que devient ce fluide après l'action mufculaire ? Suit-il les routes de la circulation ? Quelle force peut donc l'arrêter pendant la contraction des mufcles ? Tranfude-t-il à travers les mufcles ? Quelle perte de force n'en réfulteroit-il pas ? Retourne-t-il dans le cerveau ? Quel dérangement n'y cauferoit-il pas, fur-tout après les mouvemens prompts & violens ?

ont conſtamment remarqué que les aiguilles de leurs bouſſoles y étoient maîtriſées par cette force, & qu'elles y prenoient une direction déterminée.

Cette force cependant ne paroît avoir aucune priſe, & n'altere en rien la ſituation d'une légere aiguille, ſuſpendue à un cheveu de ſix pieds de longueur, & diſpoſée perpendiculairement à l'horiſon.

Cette force directrice ne ſuit pas exactement la direction des méridiens terreſtres ; s'il en étoit ainſi, on obſerveroit conſtamment que les aiguilles de bouſſole, portées en pleine mer, ſeroient conſtamment dirigées au Septentrion & au Midi : mais, comme il paroît par les §. 963, 964, ces aiguilles ne prennent point cette direction dans pluſieurs endroits de la terre ; & comme on remarque bien plus, que, dans un même endroit, cette direction eſt ſuſceptible de pluſieurs variations, d'un jour à un autre, & même d'une heure à celle qui ſuit, on ne peut pas dire que la terre, conſidérée comme un aimant, dont les forces ſeroient plus grandes, ou plus foibles en différens endroits, ſoit la cauſe de toutes ces variations que nous obſervons : on ne peut pas dire non plus qu'elles dépendent des montagnes, ou des Iſles, leſquelles, s'oppoſant au courant de la matiere magnétique, occaſionnent toutes les différentes directions qu'on obſerve ; car s'il en étoit ainſi, on remarqueroit conſtamment la même déclinaiſon de l'aiguille aimantée dans les mêmes endroits où ces mêmes cauſes continueroient à s'oppoſer à l'écoulement du fluide magnétique : on ne peut pas dire également que ces différentes déclinaiſons dépendent des cieux comme de leur cauſe ; puiſqu'elles ne ſuivent point le cours des planetes, & leurs différens aſpects : elles ne dépendent point non plus du mouvement annuel, ni diurne de la terre ; puiſque les variations de l'aiguille aimantée ſont beaucoup plus lentes que celles qui arrivent au globe terreſtre. En effet, depuis 1550 juſqu'en 1664, la déclinaiſon orientale de l'aiguille aimantée, obſervée à Paris, a décrû depuis 8 degrés juſqu'à 0 ; & depuis l'année 1664 juſqu'à l'année 1747, l'aiguille aimantée a acquis 17 degrés de déclinaiſon occidentale : en 1758 cette déclinaiſon étoit de 18 degrés ; de ſorte que, dans l'eſpace de 208 ans, la déclinaiſon de l'aiguille aimantée n'a ſouffert que 26 degrés de variation : & ſi ces variations, auxquelles elle eſt expoſée, ſuivoient conſtamment la même marche, l'aiguille aimantée ne pourroit faire ſa révolution entiere autour de ſon axe, que dans l'eſpace de 2880 ans. On ne peut pas attribuer plus raiſonnablement ces variations à l'atmoſphere, puiſqu'elles ſont tout-à-fait indépendantes des vents & des météores, qui n'influent aucunement ſur cet effet.

Ces différentes directions ſe font auſſi obſerver au fond des mines les plus profondes, lorſque les mineurs veulent s'aſſurer de la ſituation des mines, à l'aide de l'aiguille aimantée. Si ces phénomenes dépendent d'un immenſe aimant, renfermé dans les entrailles de la terre, ſans avoir d'adhérence avec le globe terreſtre, & qui ait 2 ou 4 pôles différens, il eſt conſtant que nous ignorerons toujours cette cauſe ; puiſque nous ne pouvons pénétrer dans les entrailles de la terre, pour nous aſſurer de la préſence de cet aimant. Comme nous ne connoiſſons encore que peu de choſes ſur la déclinaiſon & la direction de l'aimant, nous nous bornerons auſſi à la ſeule expoſition des phénomenes.

Fin du Tome premier.

TAB: I.

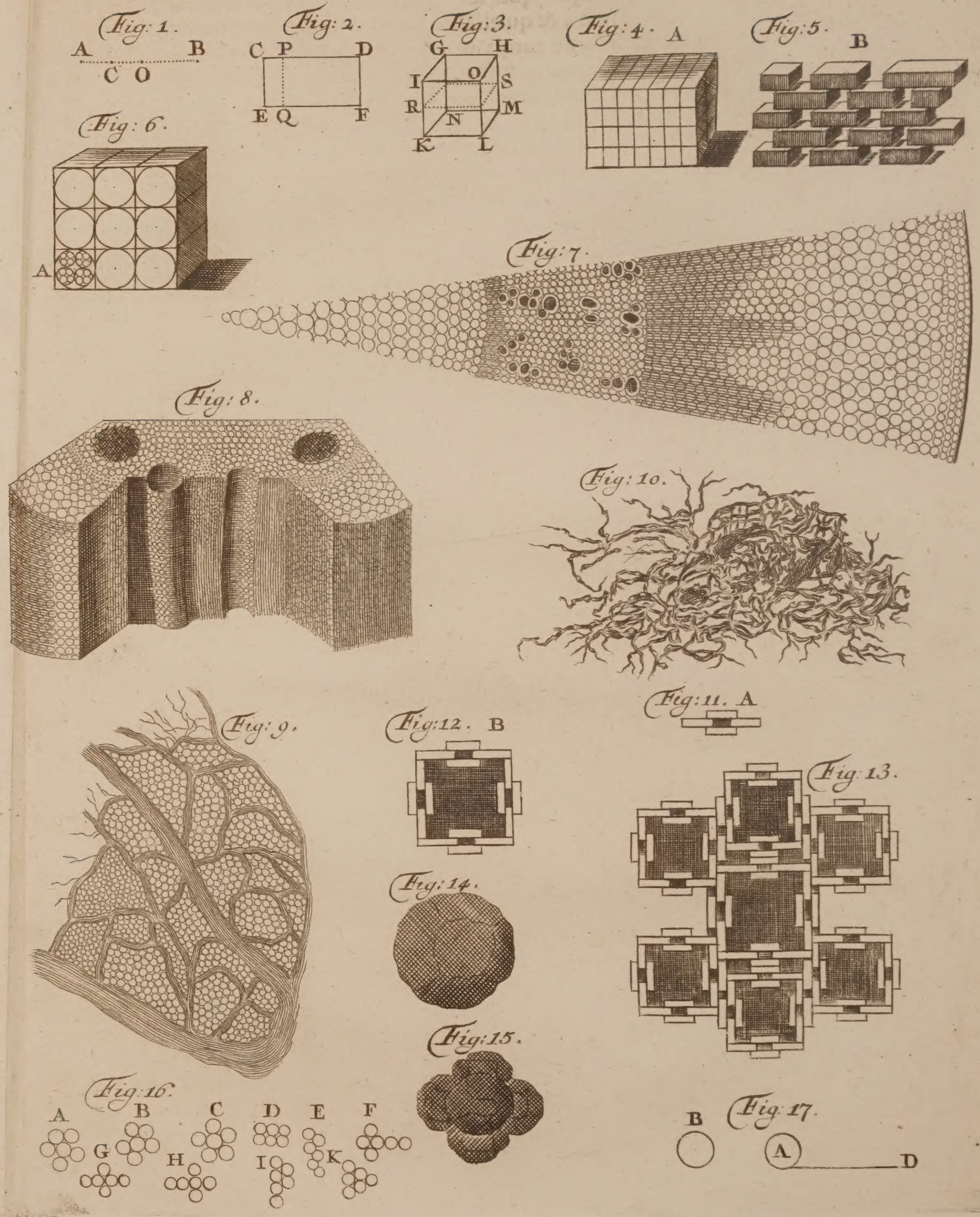


Fig: 1.
A B
C O
Fig: 2.
C P D
E Q F
Fig: 3.
G H
I O S
R N M
K L
Fig: 4. A
Fig: 5. B
Fig: 6.
A
Fig: 7.
Fig: 8.
Fig: 10.
Fig: 9.
Fig: 12. B
Fig: 11. A
Fig: 13.
Fig: 14.
Fig: 15.
Fig: 16.
A B C D E F
G H I K
B Fig: 17.
A D

TAB: II.

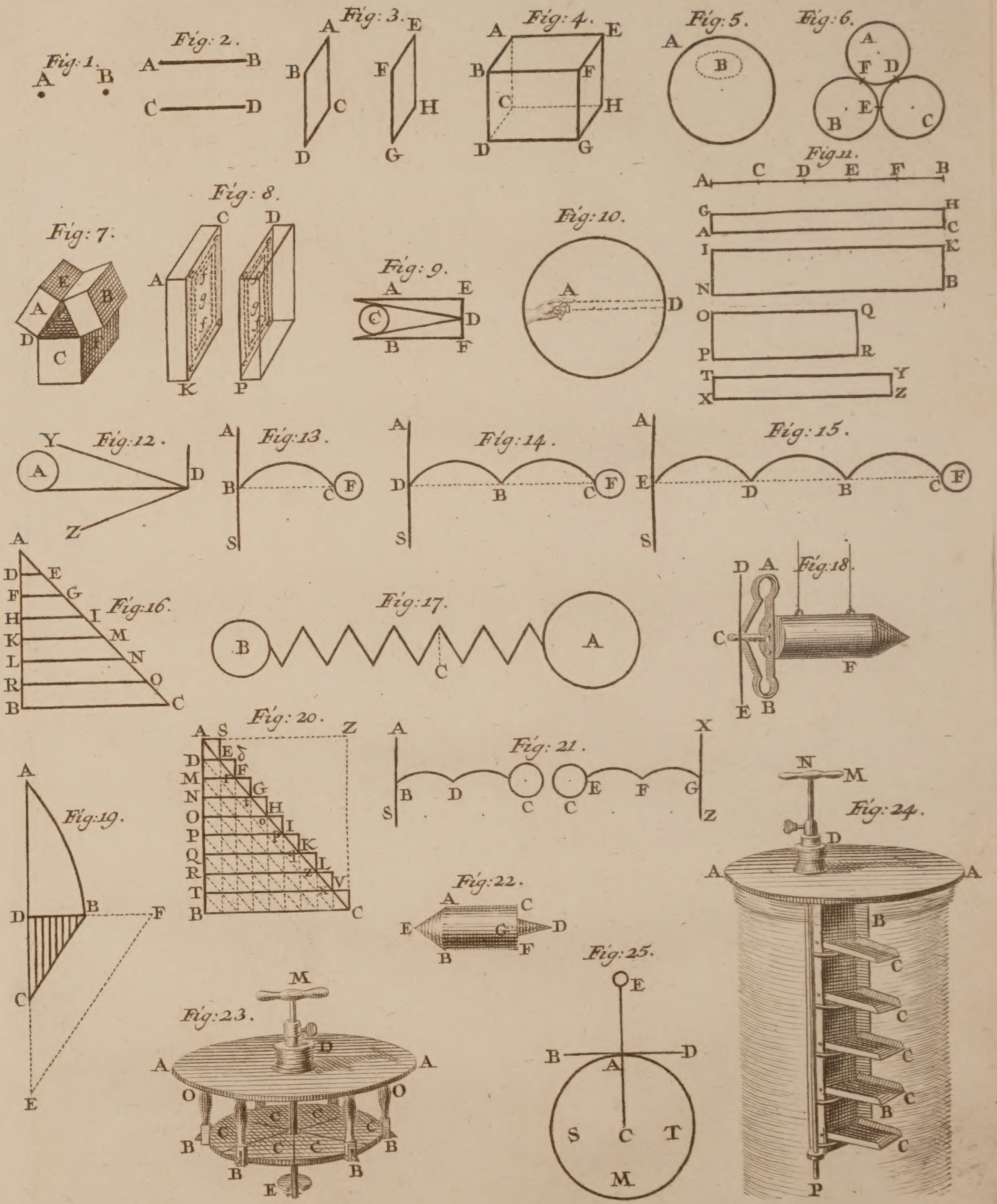


Fig: 1.
Fig: 2.
Fig: 3.
Fig: 4.
Fig: 5.
Fig: 6.
Fig: 7.
Fig: 8.
Fig: 9.
Fig: 10.
Fig. 11.
Fig: 12.
Fig: 13.
Fig: 14.
Fig: 15.
Fig: 16.
Fig: 17.
Fig: 18.
Fig: 19.
Fig: 20.
Fig: 21.
Fig: 22.
Fig: 23.
Fig: 24.
Fig: 25.

TAB:III.

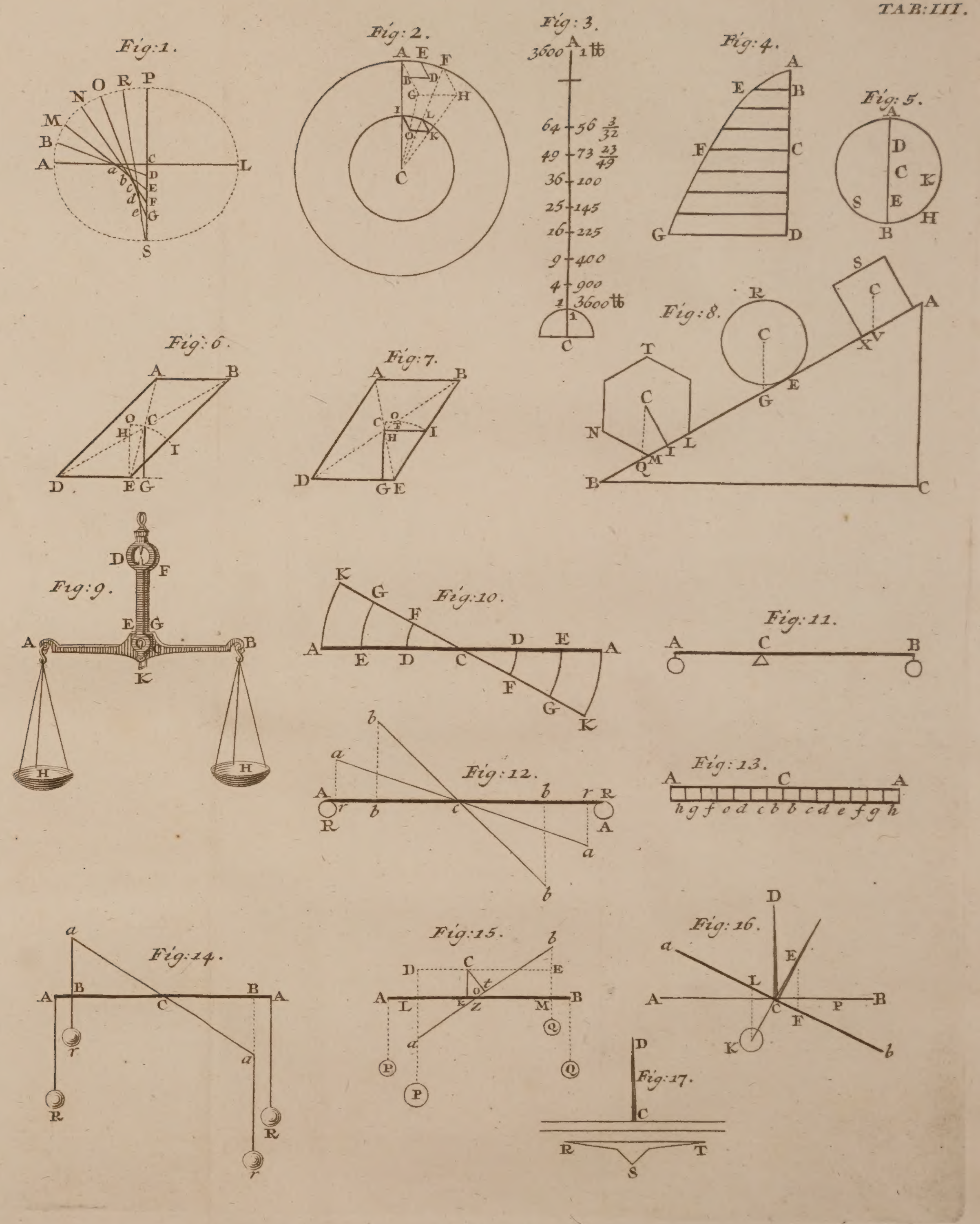


Fig:1.
Fig:2.
Fig:3.
Fig:4.
Fig:5.
Fig:6.
Fig:7.
Fig:8.
Fig:9.
Fig:10.
Fig:11.
Fig:12.
Fig:13.
Fig:14.
Fig:15.
Fig:16.
Fig:17.

TAB: IV.

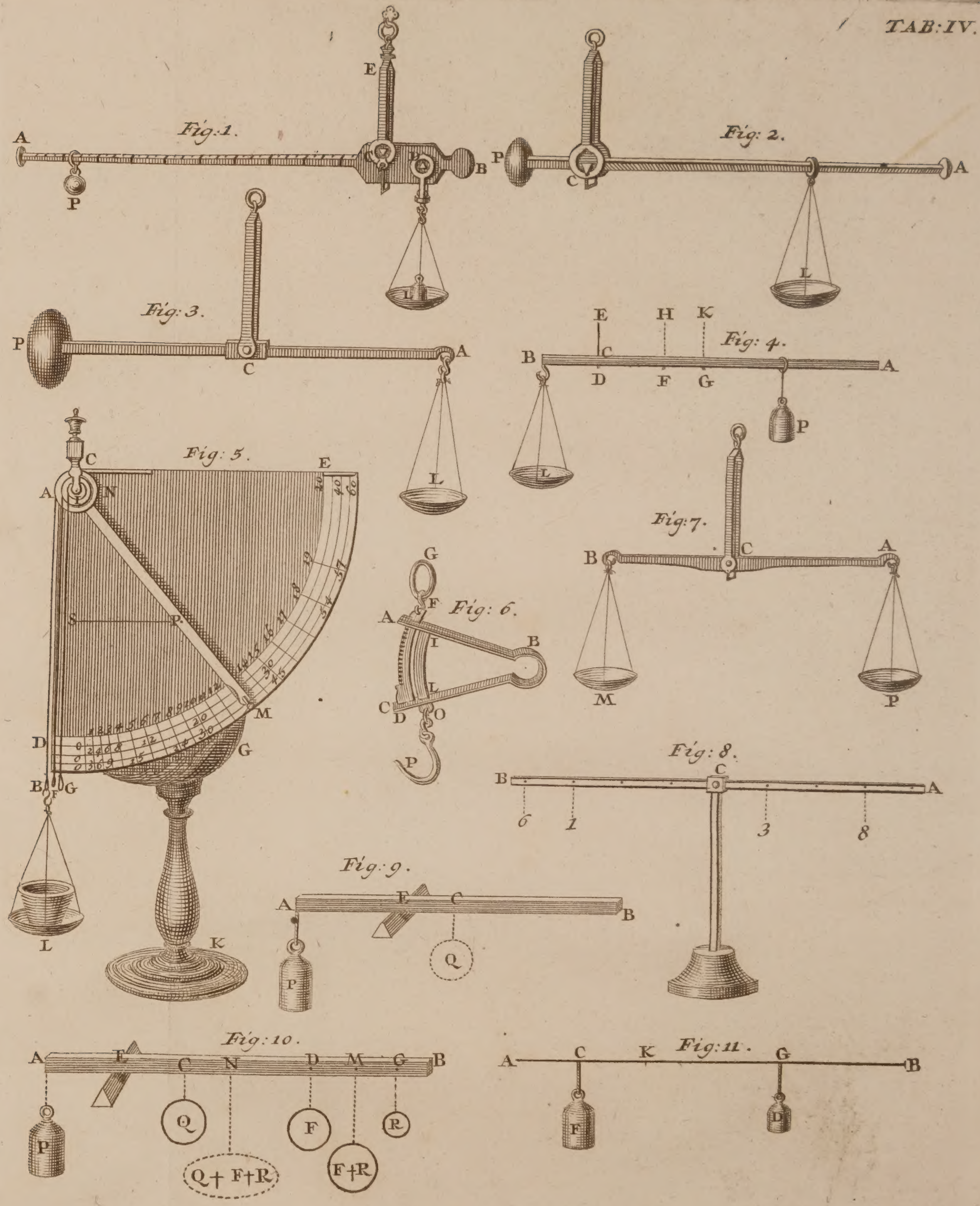


Fig: 1.
Fig: 2.
Fig: 3.
Fig: 4.
Fig: 5.
Fig: 6.
Fig: 7.
Fig: 8.
Fig: 9.
Fig: 10.
Fig: 11.
Q + F + R
F + R

TAB: V.

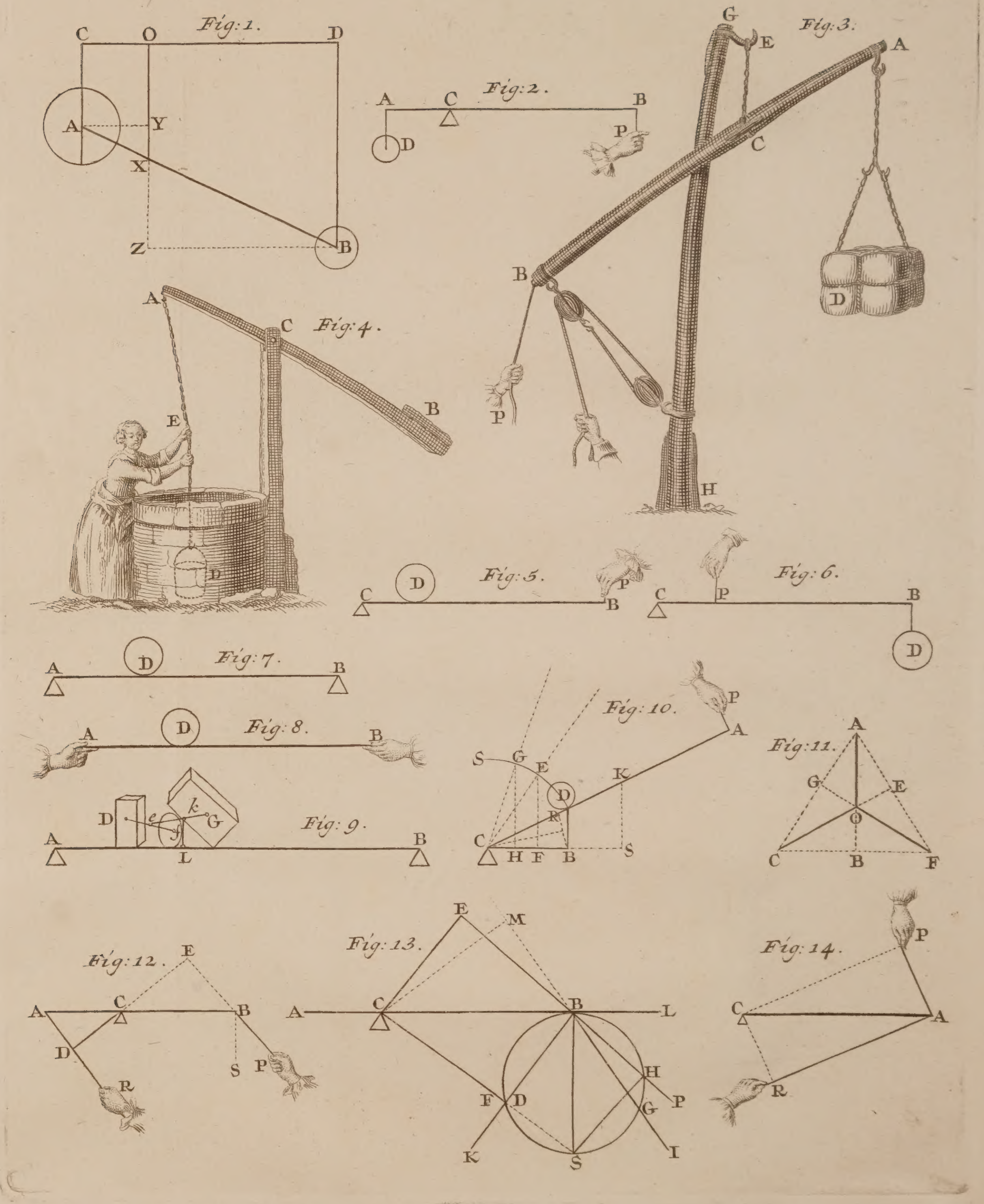
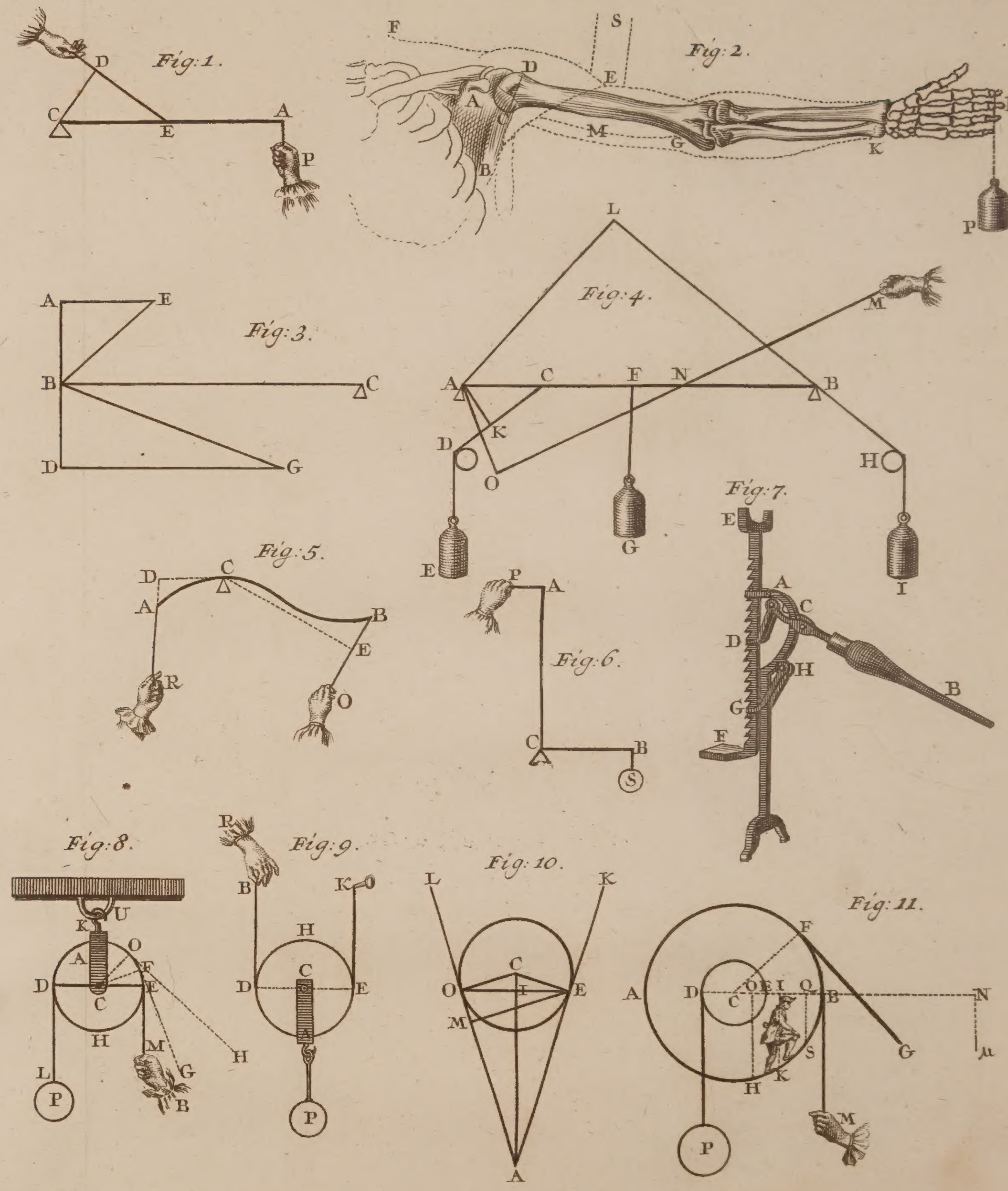


Fig: 1.
C O D
A Y X
Z B
Fig: 2.
A C B
D P
Fig: 3.
G E A
C
B
D
P
H
Fig: 4.
A C
E B
D
Fig: 5.
C D P B
Fig: 6.
C P B
D
Fig: 7.
A D B
Fig: 8.
A D B
Fig: 9.
D e f k G
A L B
Fig: 10.
P A
S G E D K
R
C H F B S
Fig: 11.
A
G E
O
C B F
Fig: 12.
E
A C B
D S P
R
Fig: 13.
E M
A C B L
F D H
G P
K S I
Fig: 14.
P
C A
R

TAB: VI.



TAB: VII.

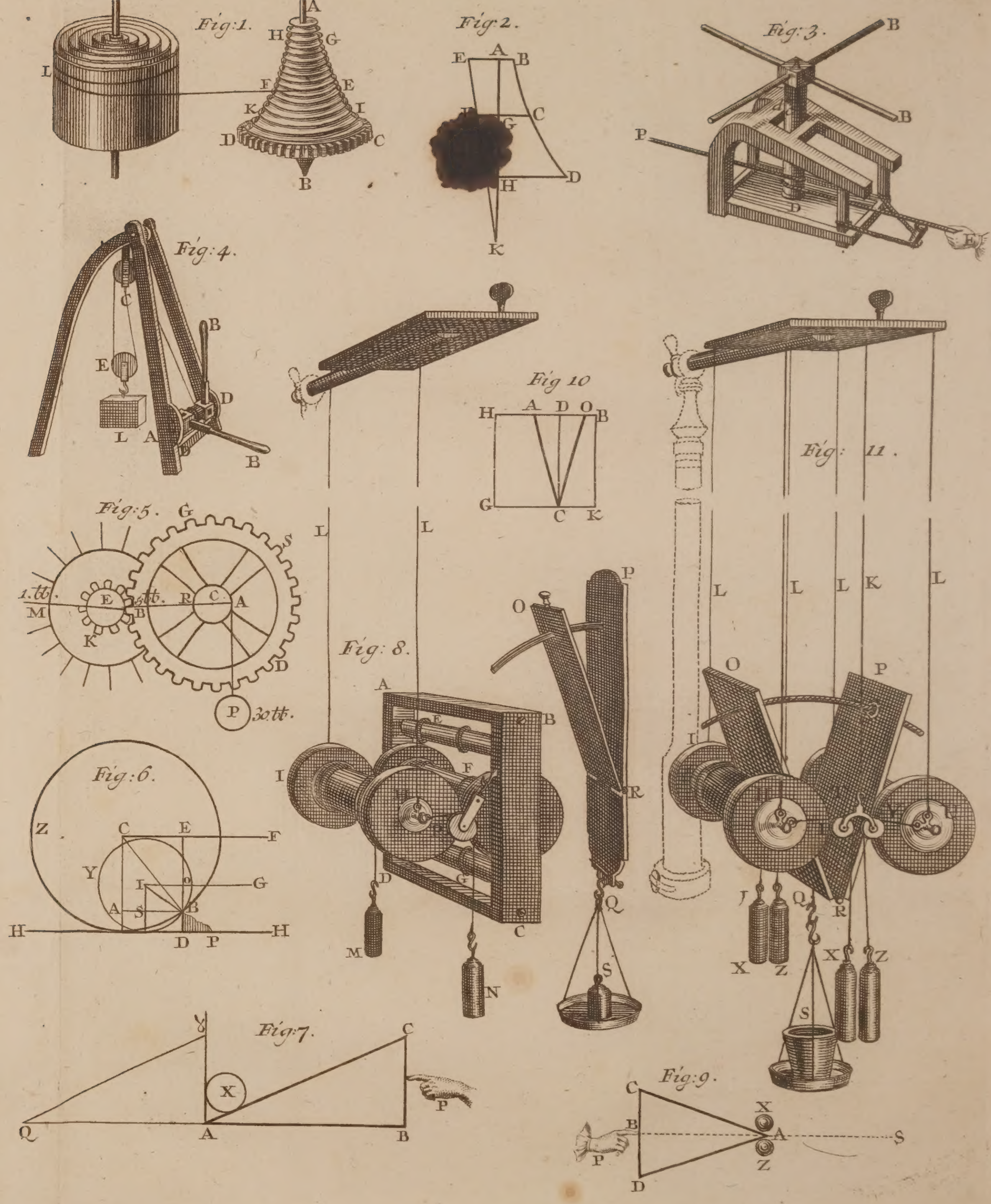
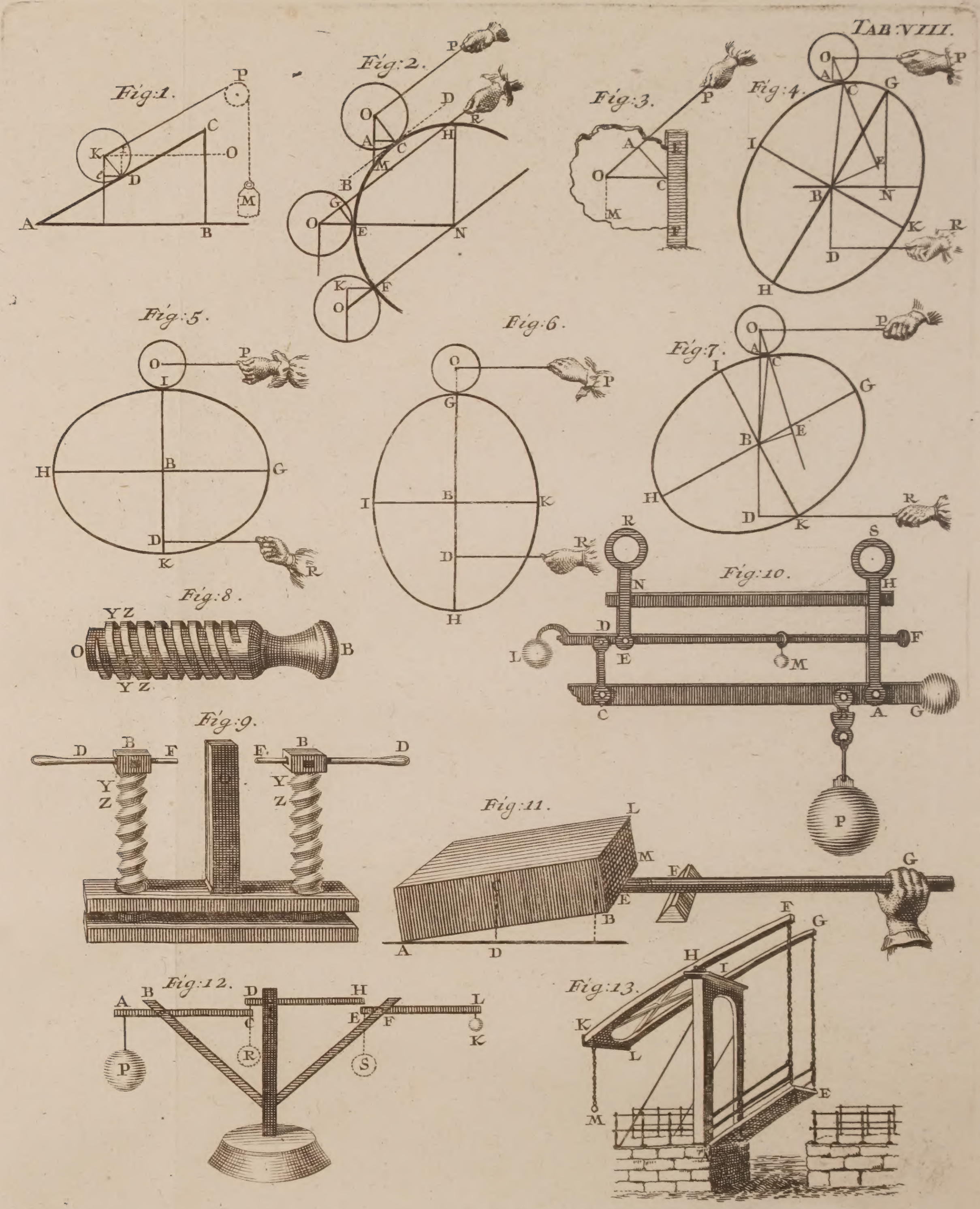
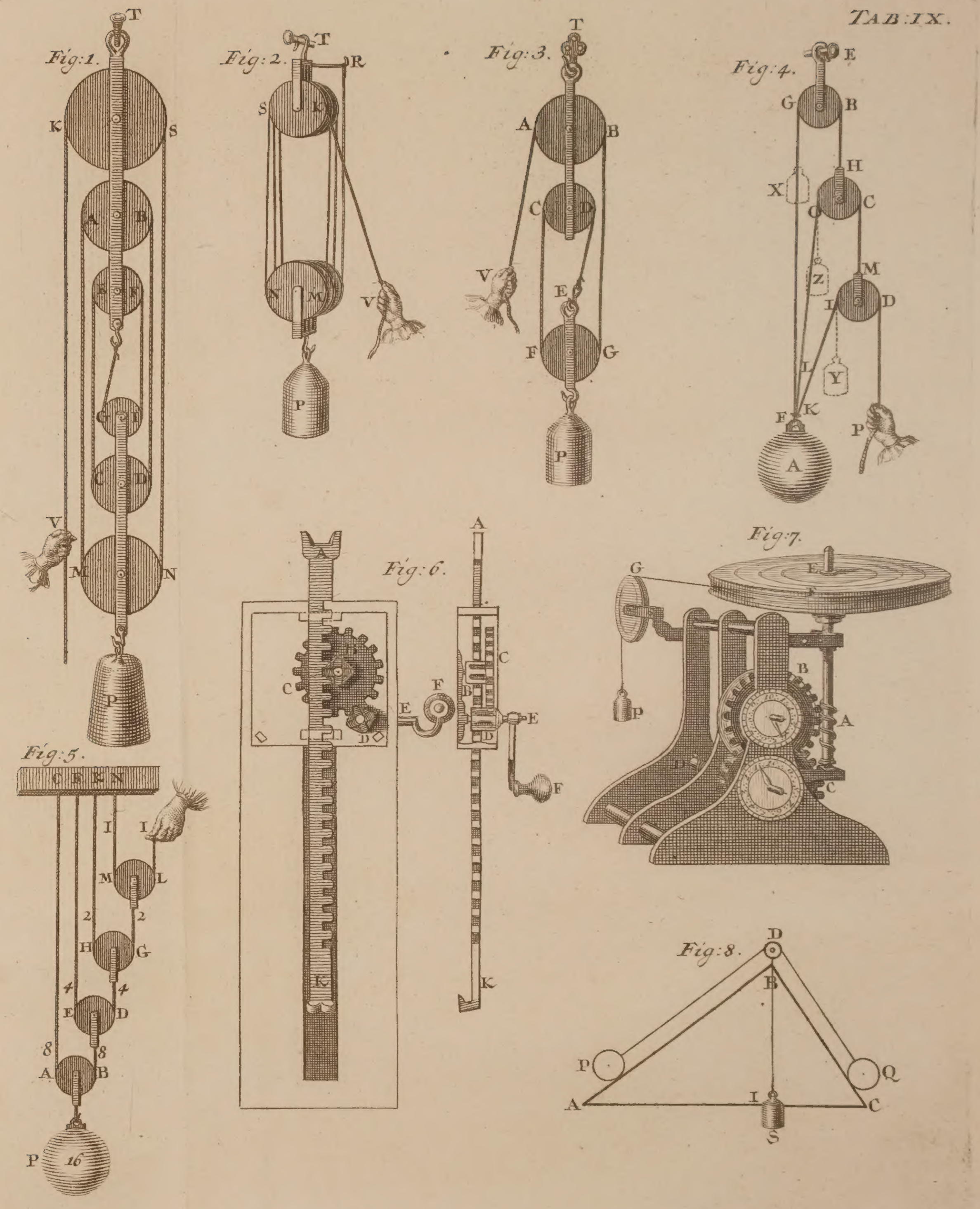


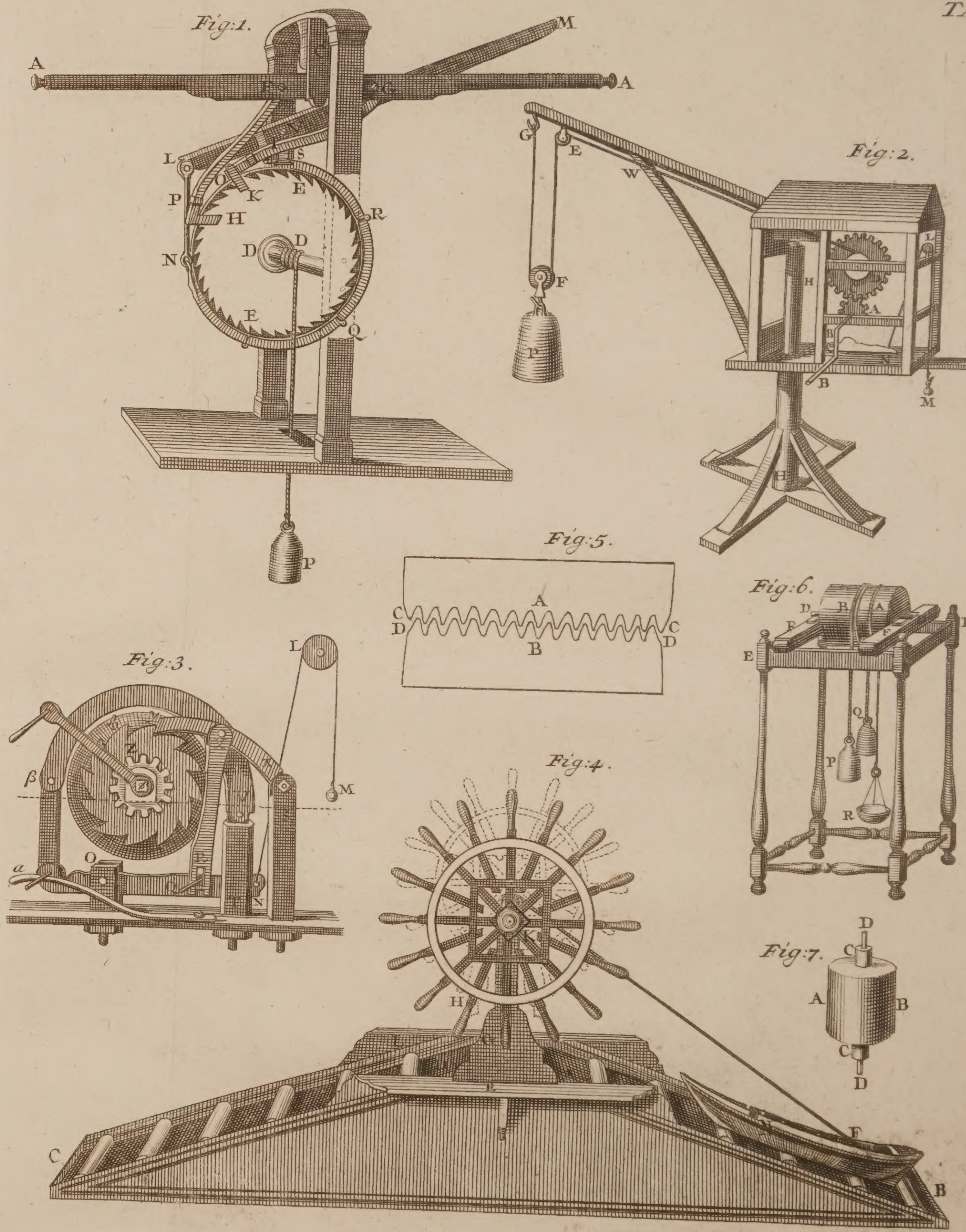
Fig:1.
Fig:2.
Fig:3.
Fig:4.
Fig:5.
1.tt.
30.tt.
Fig:6.
Fig:7.
Fig: 8.
Fig:9.
Fig 10
Fig: 11.


TAB: VIII.
Fig: 1.
Fig: 2.
Fig: 3.
Fig: 4.
Fig: 5.
Fig: 6.
Fig: 7.
Fig: 8.
Fig: 9.
Fig: 10.
Fig: 11.
Fig: 12.
Fig: 13.

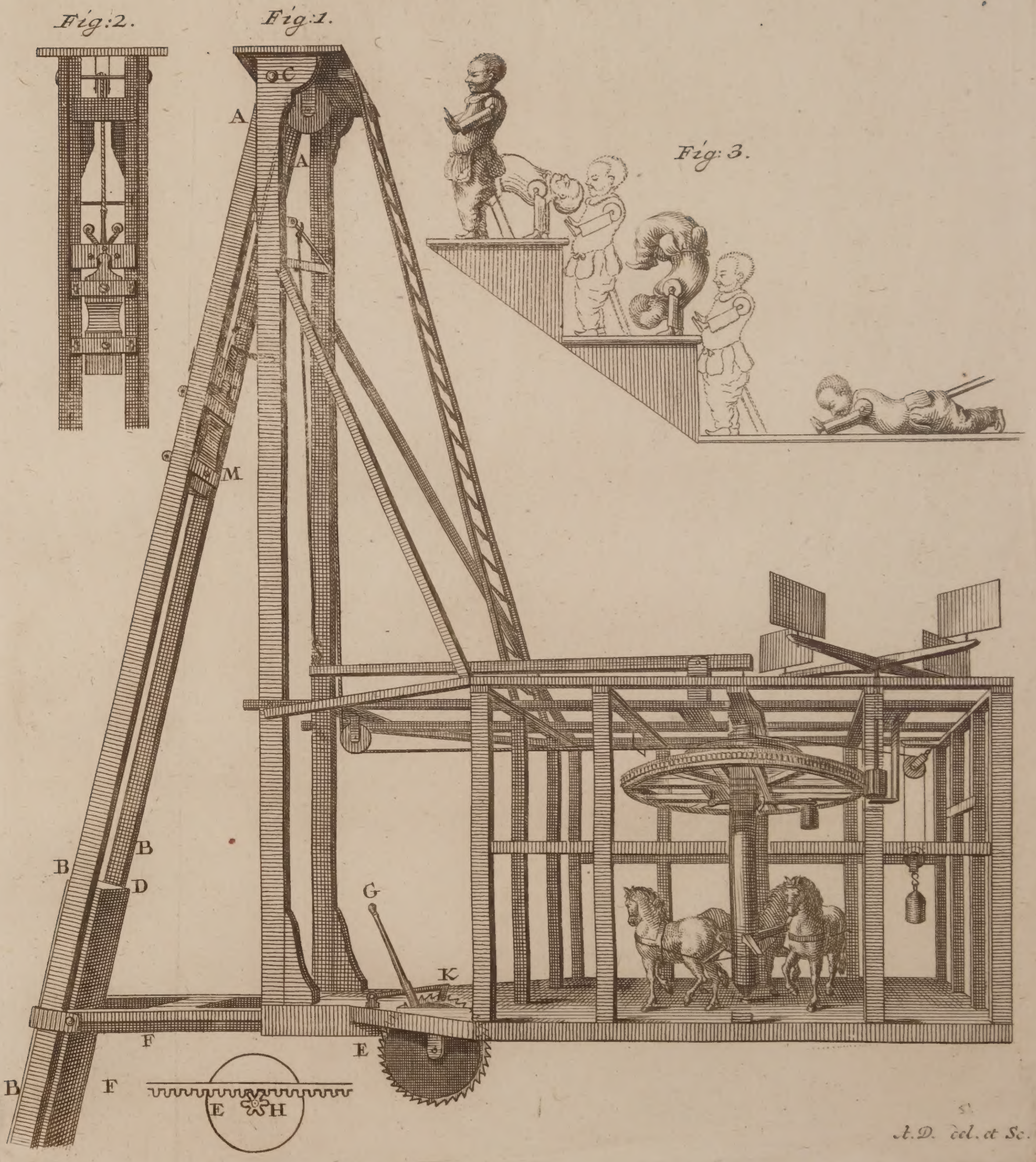
TAB: IX.



TAB: X.



TAB: XI.



A.D. del. et Sc.

TAB: XI. *

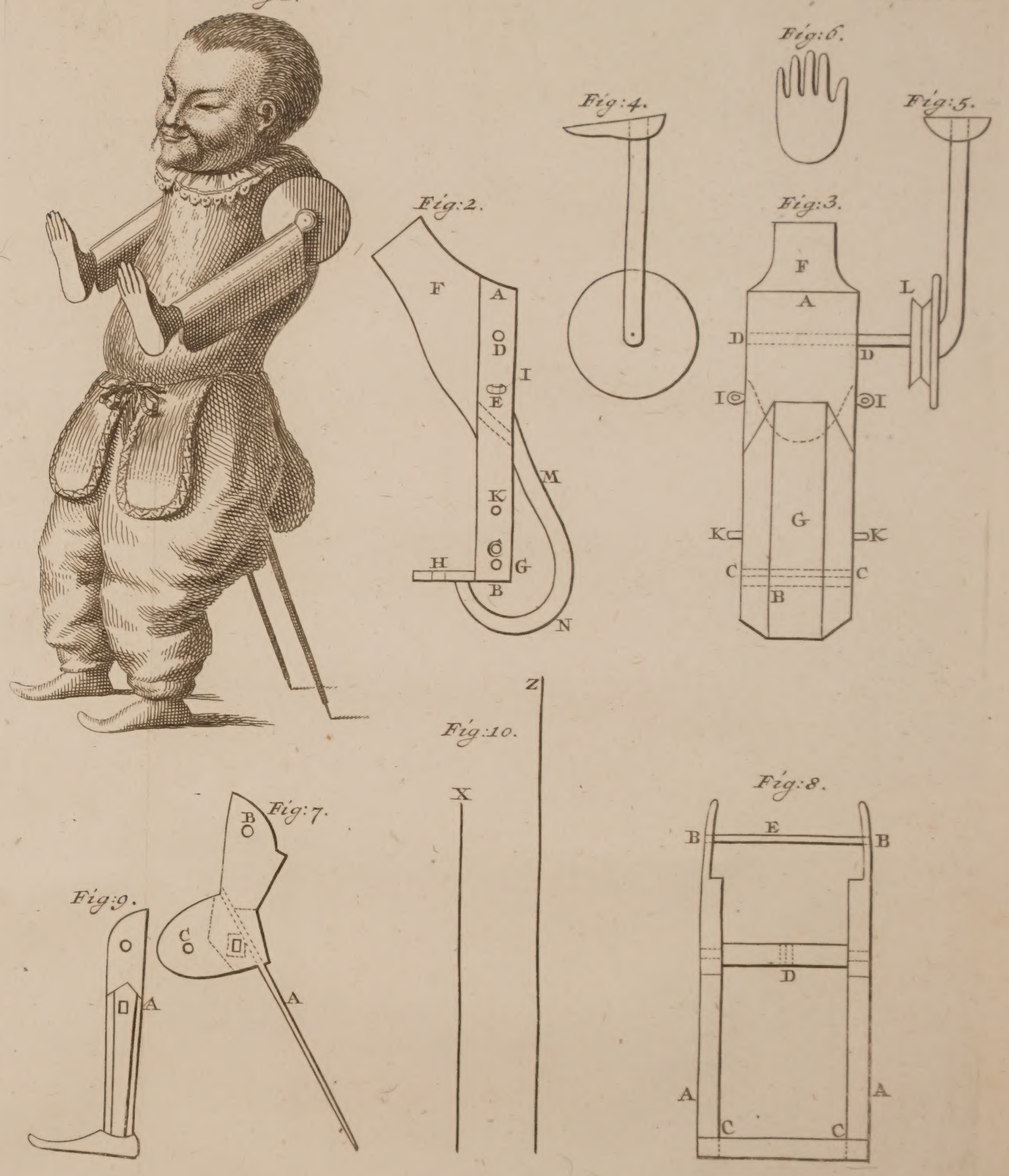


Fig: 1.
Fig: 2.
F A D E I M K G H B N
Fig: 3.
F A D D I I L G K K C C B
Fig: 4.
Fig: 5.
Fig: 6.
Fig: 7.
B C A
Fig: 8.
B E B D A A C C
Fig: 9.
A
Fig: 10.
Z X

TAB: XII.

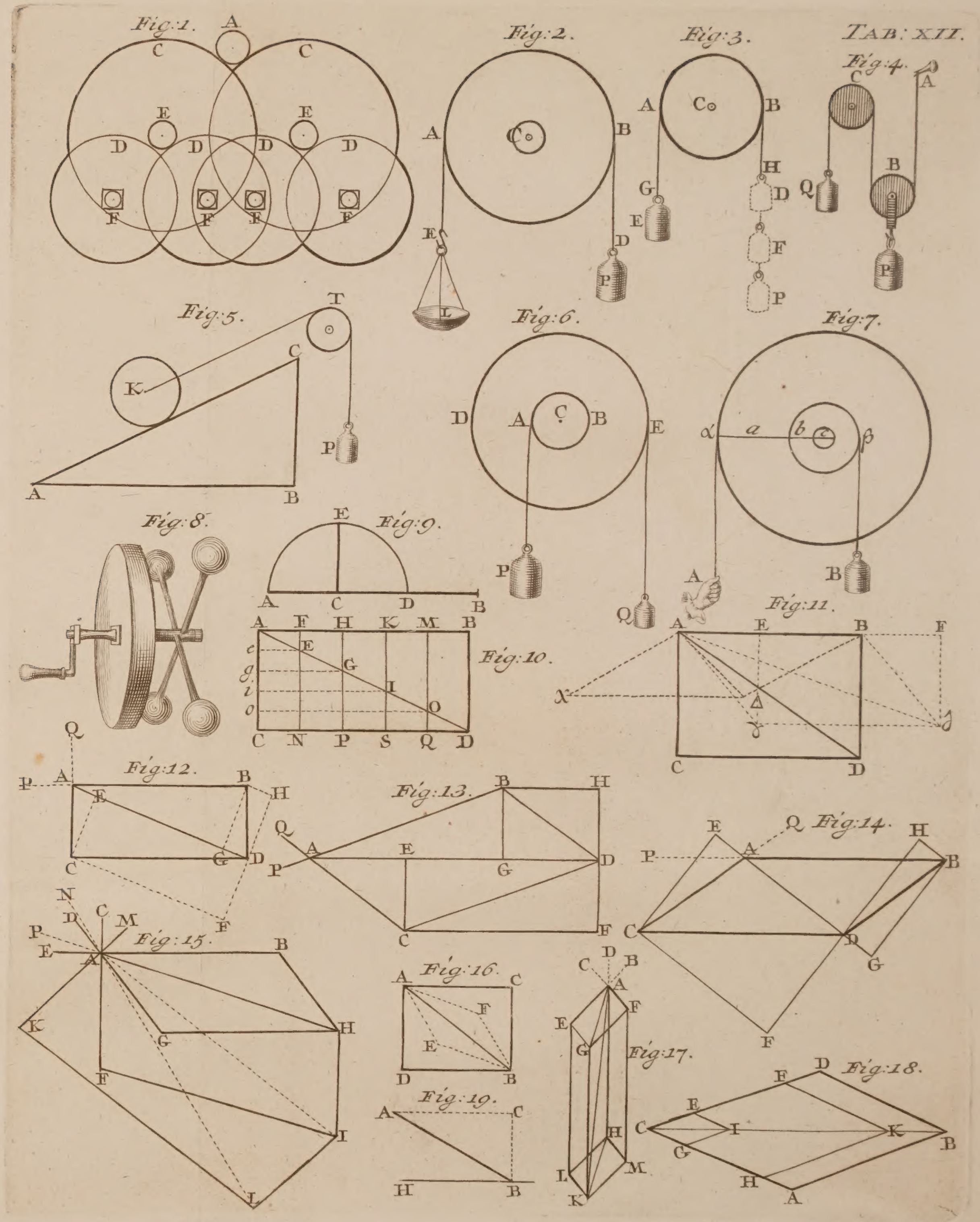


Fig:1.
Fig:2.
Fig:3.
Fig:4.
Fig:5.
Fig:6.
Fig:7.
Fig:8.
Fig:9.
Fig:10.
Fig:11.
Fig:12.
Fig:13.
Fig:14.
Fig:15.
Fig:16.
Fig:17.
Fig:18.
Fig:19.

TAB: XIII.

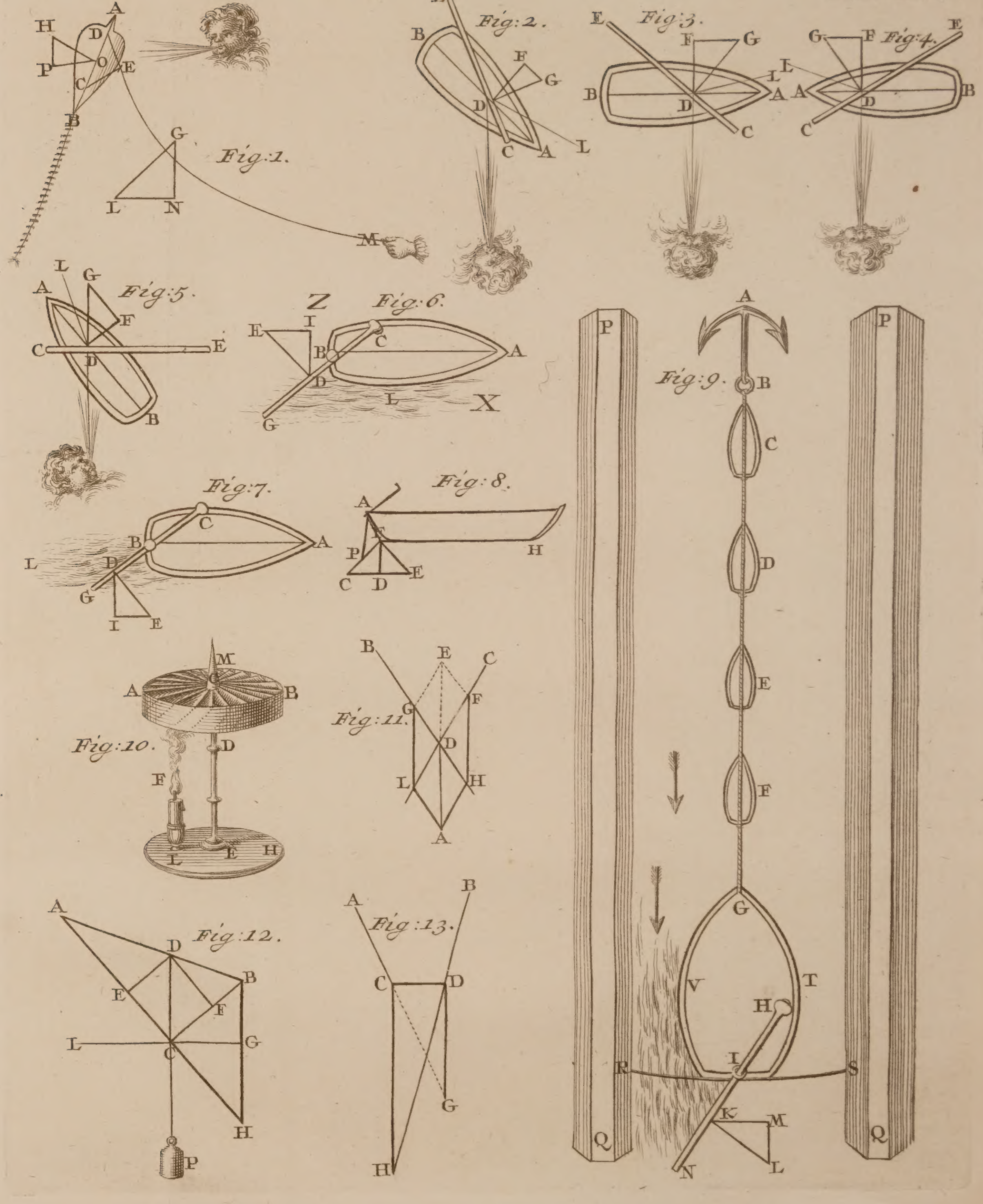


Fig:1.
Fig:2.
Fig:3.
Fig:4.
Fig:5.
Fig:6.
Fig:7.
Fig:8.
Fig:9.
Fig:10.
Fig:11.
Fig:12.
Fig:13.

TAB: XIV.

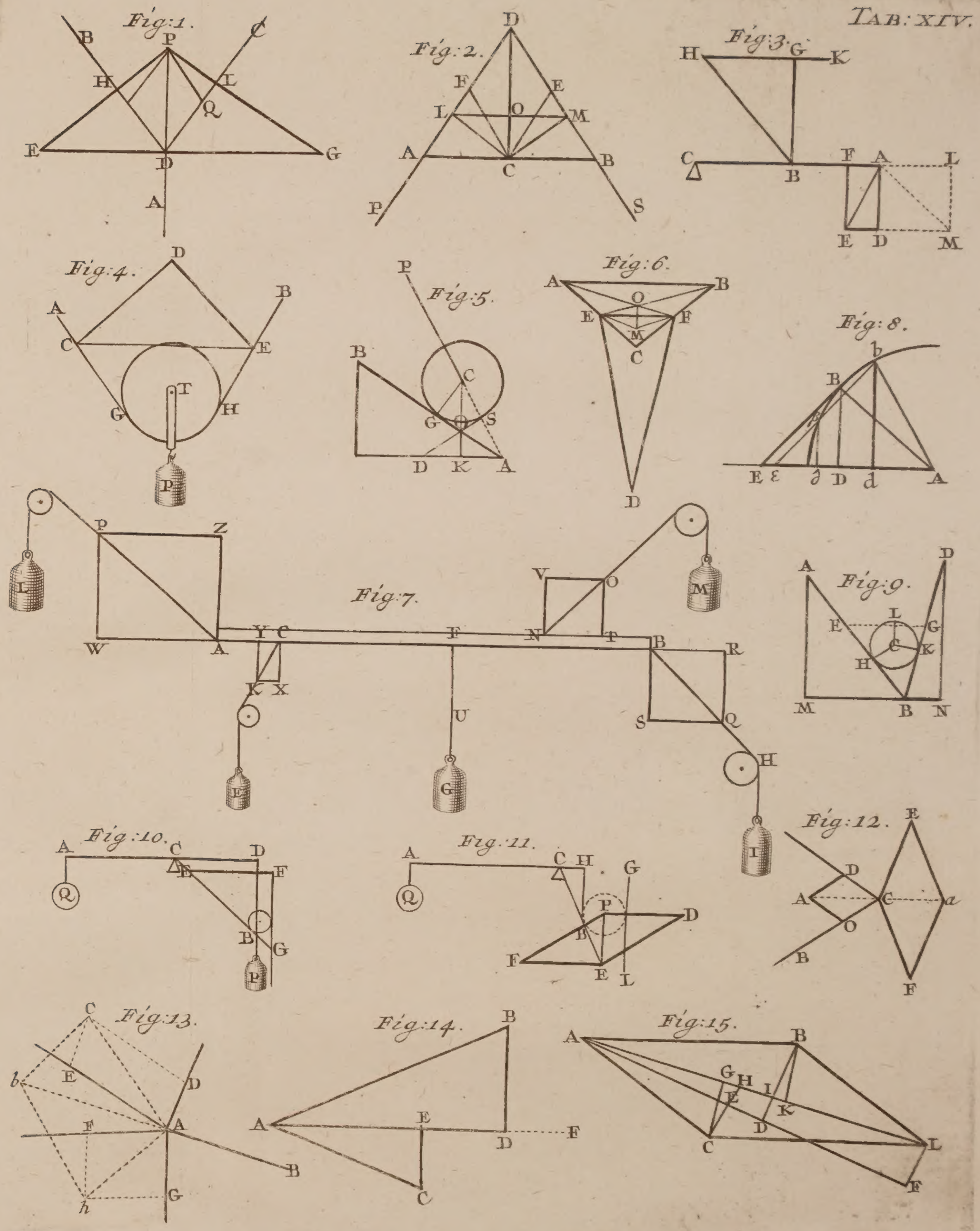


Fig:1.
Fig:2.
Fig:3.
Fig:4.
Fig:5.
Fig:6.
Fig:7.
Fig:8.
Fig:9.
Fig:10.
Fig:11.
Fig:12.
Fig:13.
Fig:14.
Fig:15.

TAB: XV.

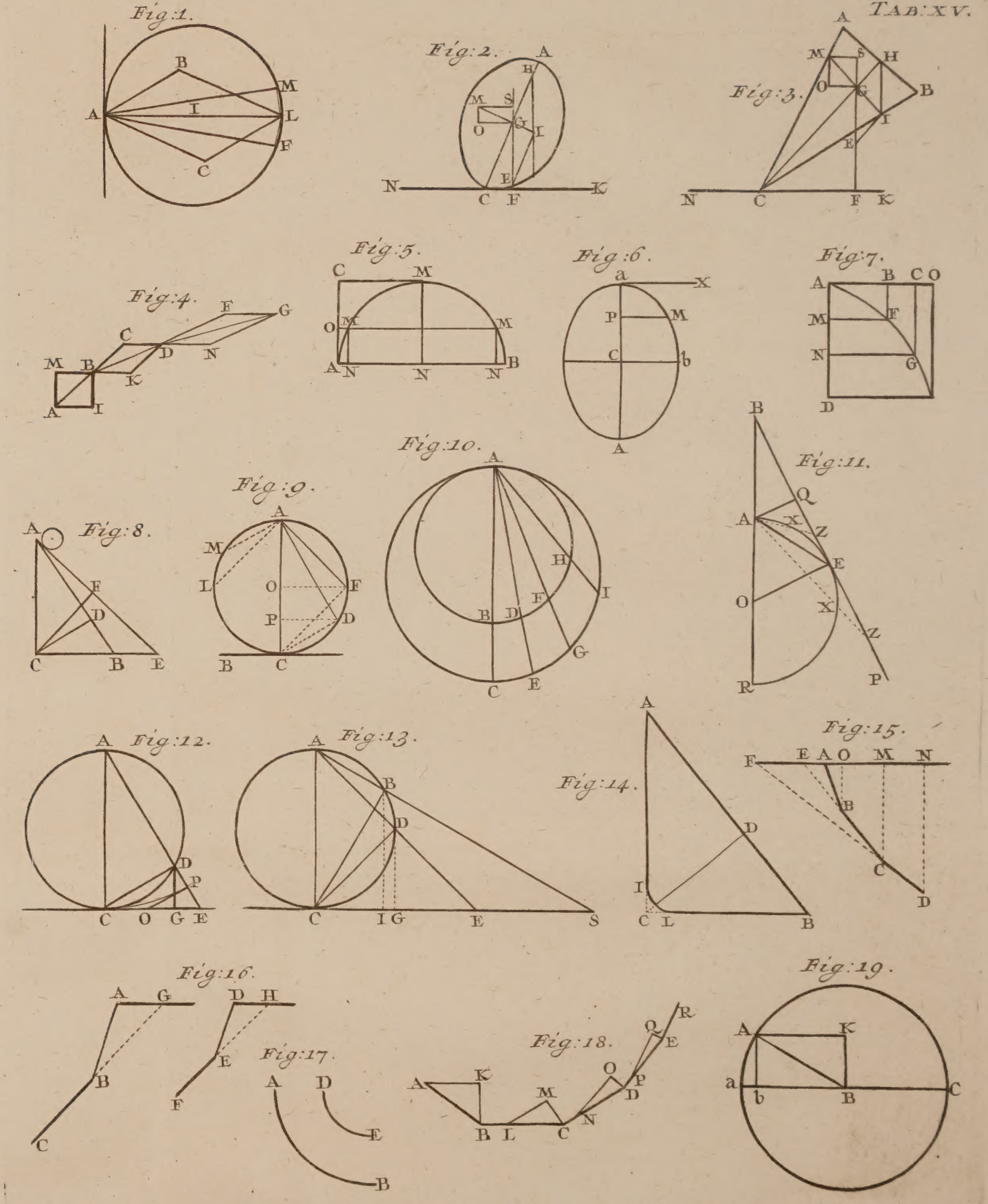


Fig:1.
Fig:2.
Fig:3.
Fig:4.
Fig:5.
Fig:6.
Fig:7.
Fig:8.
Fig:9.
Fig:10.
Fig:11.
Fig:12.
Fig:13.
Fig:14.
Fig:15.
Fig:16.
Fig:17.
Fig:18.
Fig:19.

TAB:XVI.

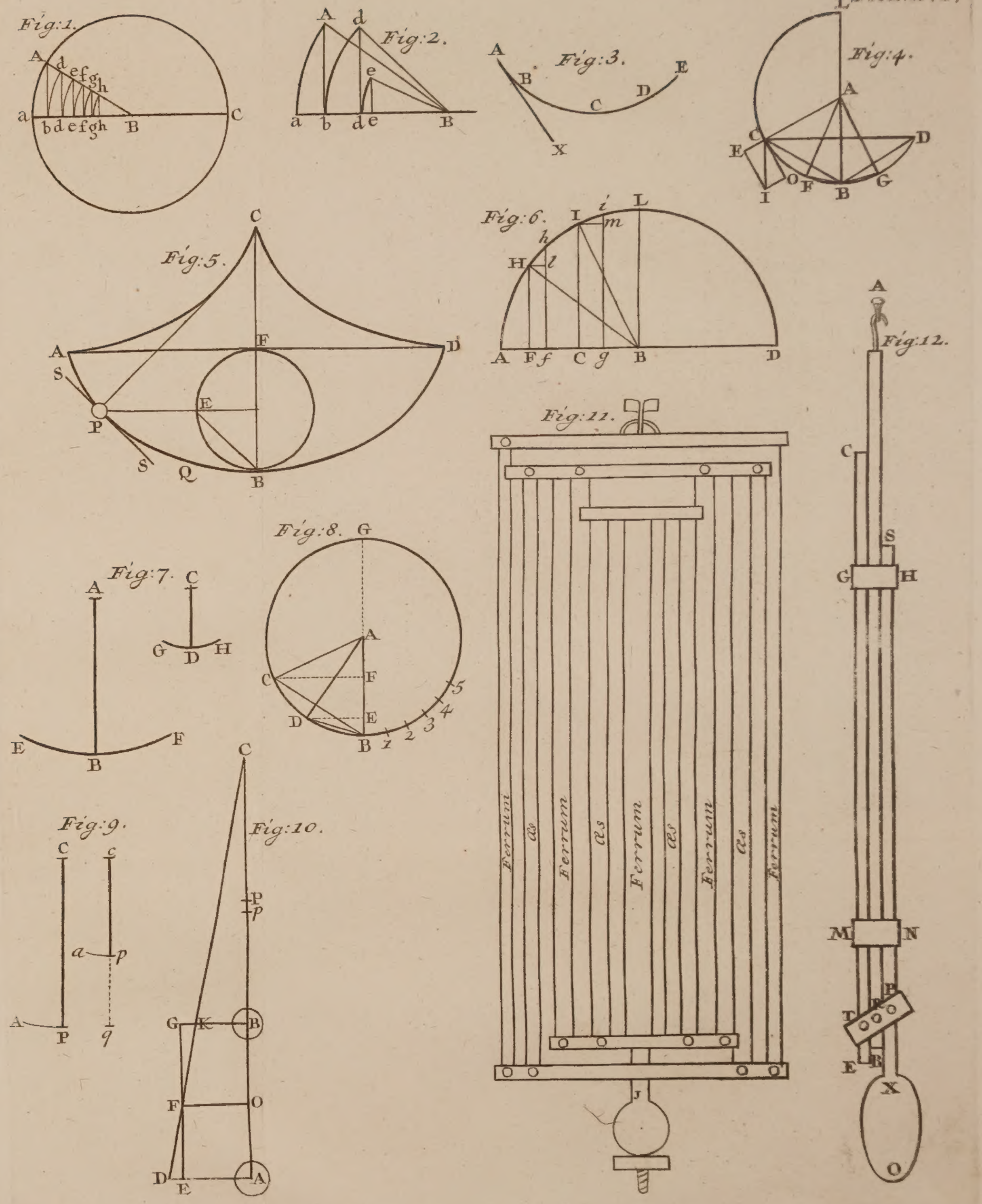


Fig:1.
Fig:2.
Fig:3.
Fig:4.
Fig:5.
Fig:6.
Fig:7.
Fig:8.
Fig:9.
Fig:10.
Fig:11.
Fig:12.
Ferrum
Æs
Ferrum
Æs
Ferrum
Æs
Ferrum
Æs
Ferrum

TAB: XVII.

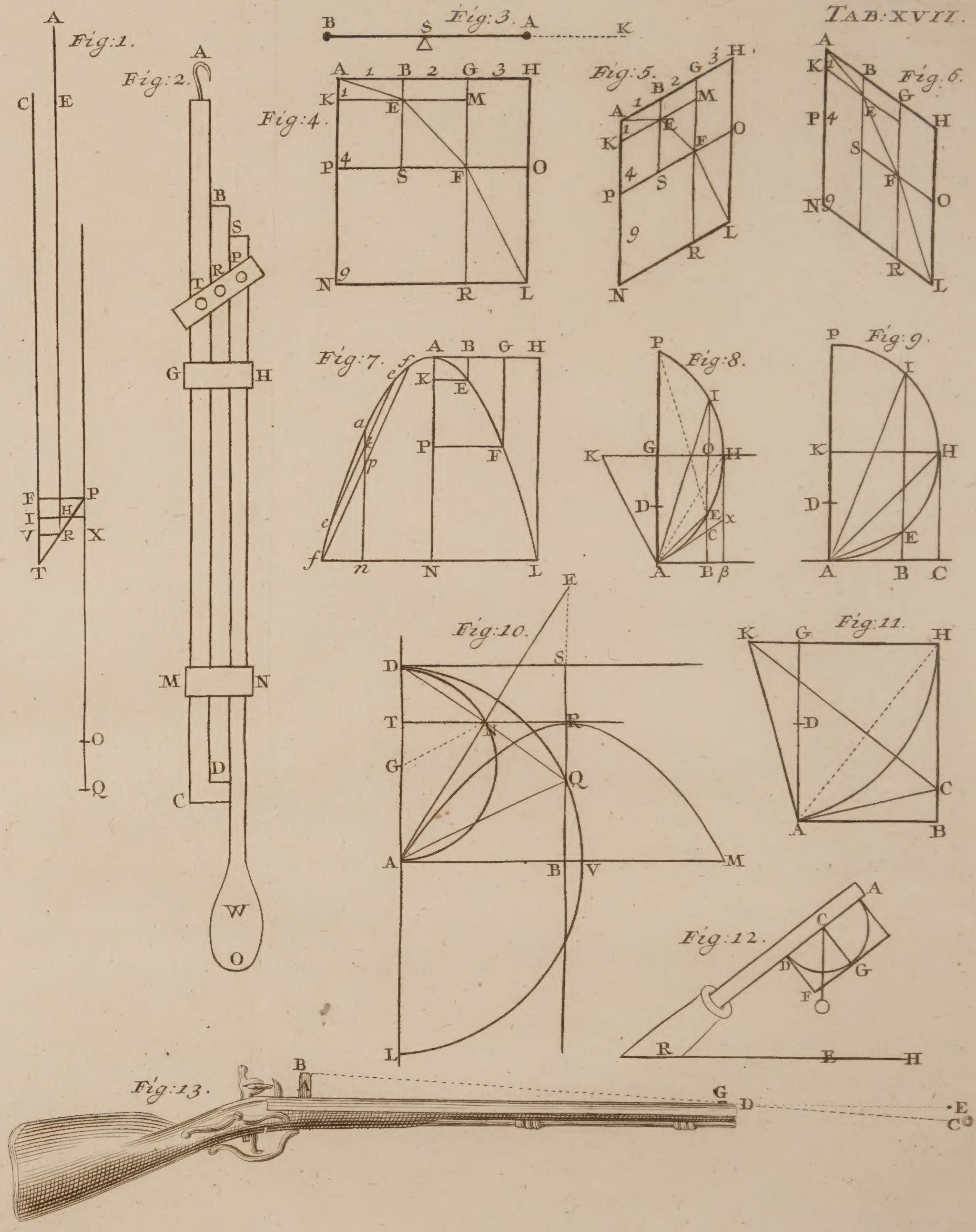


Fig: 1.
Fig: 2.
Fig: 3.
Fig: 4.
Fig: 5.
Fig: 6.
Fig: 7.
Fig: 8.
Fig: 9.
Fig: 10.
Fig: 11.
Fig: 12.
Fig: 13.

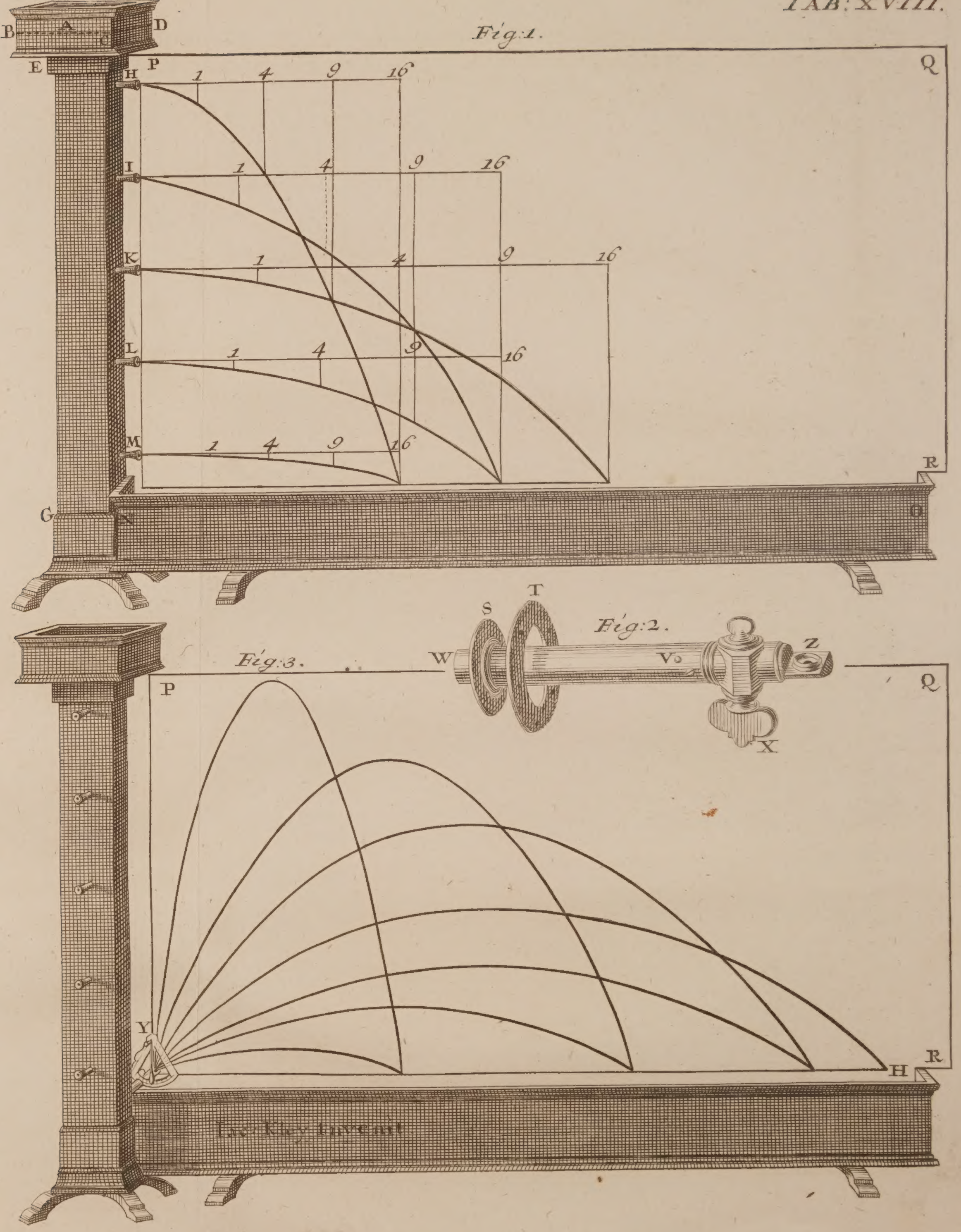


Fig:1.
B
A
C
D
E
H
P
Q
I
K
L
M
G
N
O
R
1
4
9
16
Fig:2.
S
T
W
V
Z
X
Fig:3.
P
Q
Y
H
R
Iac: Kley Invenit

TAB: XIX.

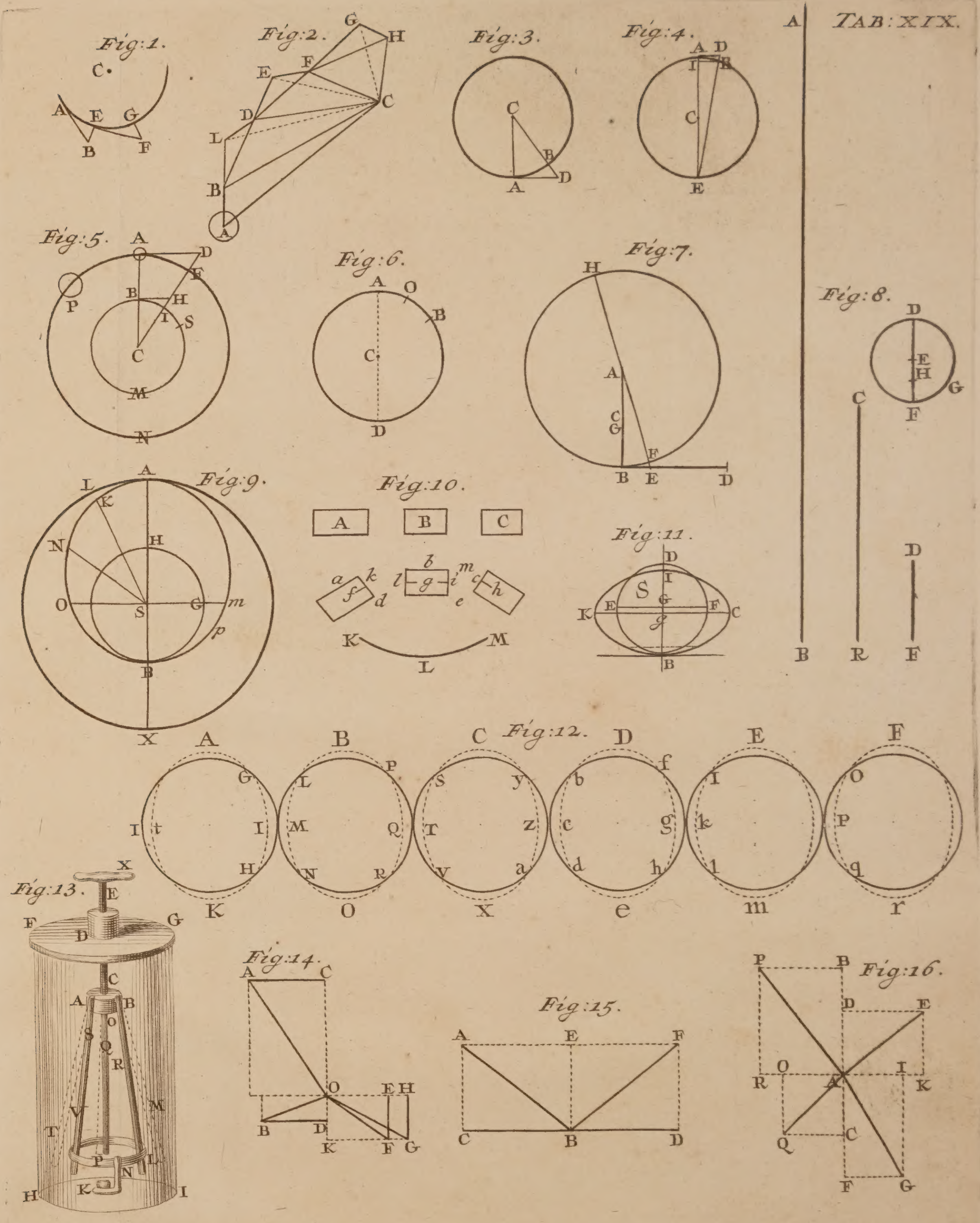


Fig: 1.
Fig: 2.
Fig: 3.
Fig: 4.
Fig: 5.
Fig: 6.
Fig: 7.
Fig: 8.
Fig: 9.
Fig: 10.
Fig: 11.
Fig: 12.
Fig: 13.
Fig: 14.
Fig: 15.
Fig: 16.

TAB: XX.

Fig:1.

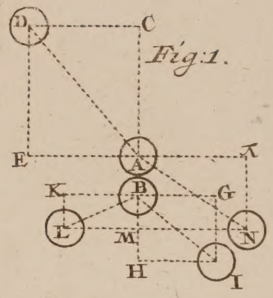


Fig:2.

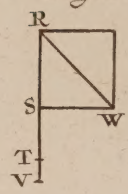


Fig:3.

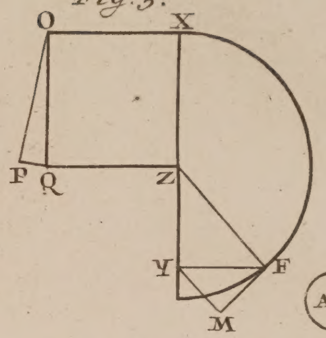


Fig:4.

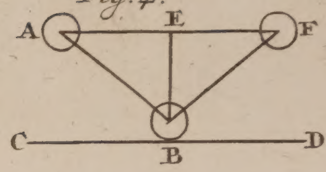


Fig:5.

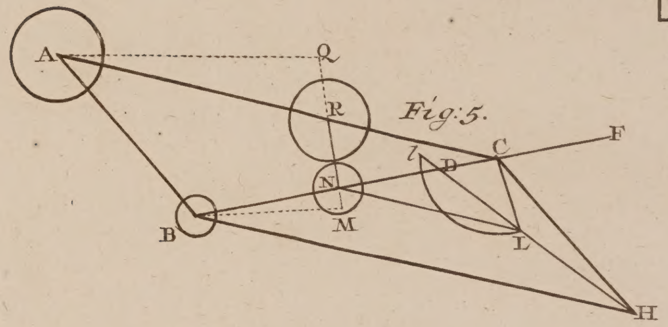


Fig:6.

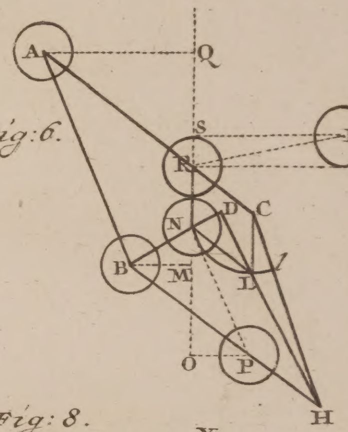


Fig:7.

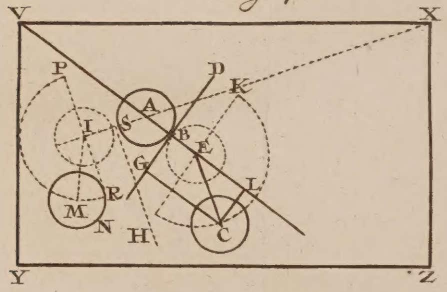


Fig:8.

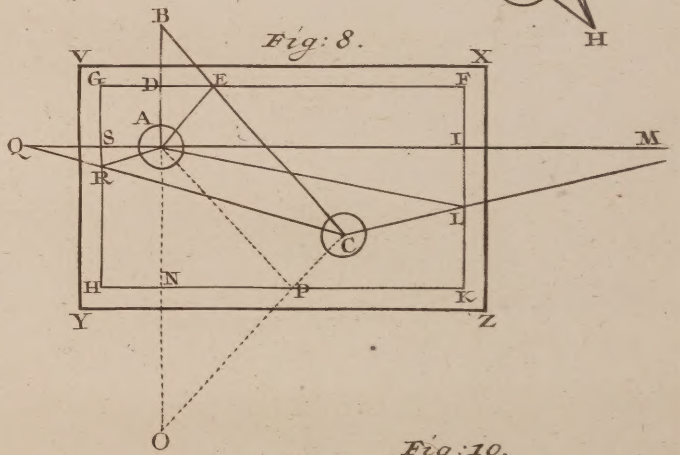


Fig:9.

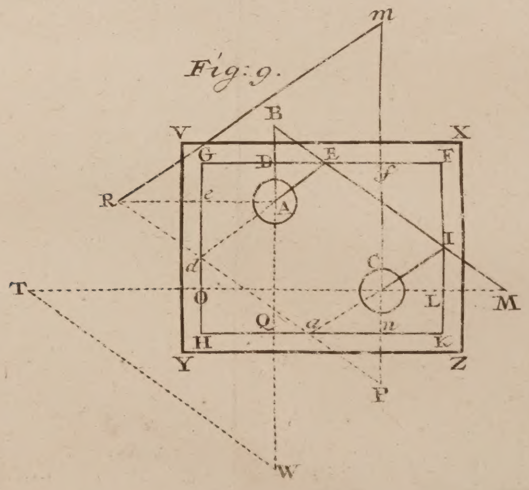
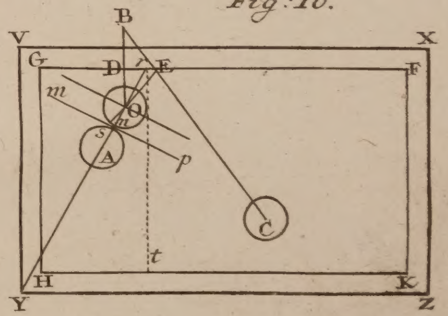


Fig:10.



TAB: XXI.

Fig: 4.

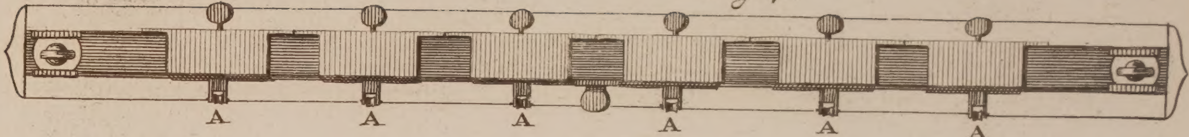


Fig: 1.

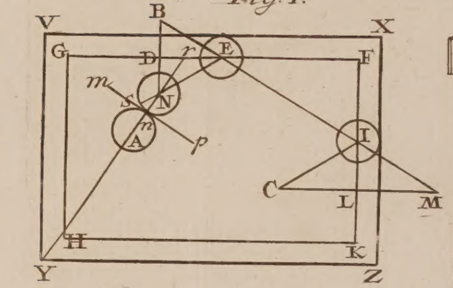


Fig: 2.

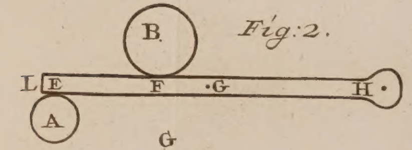


Fig: 5.

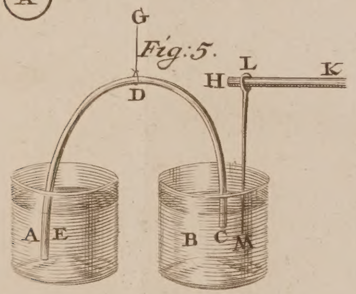


Fig: 6.

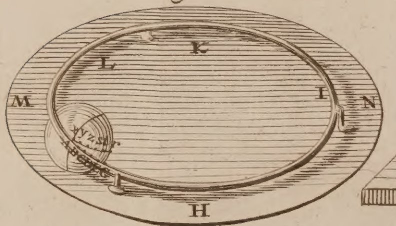
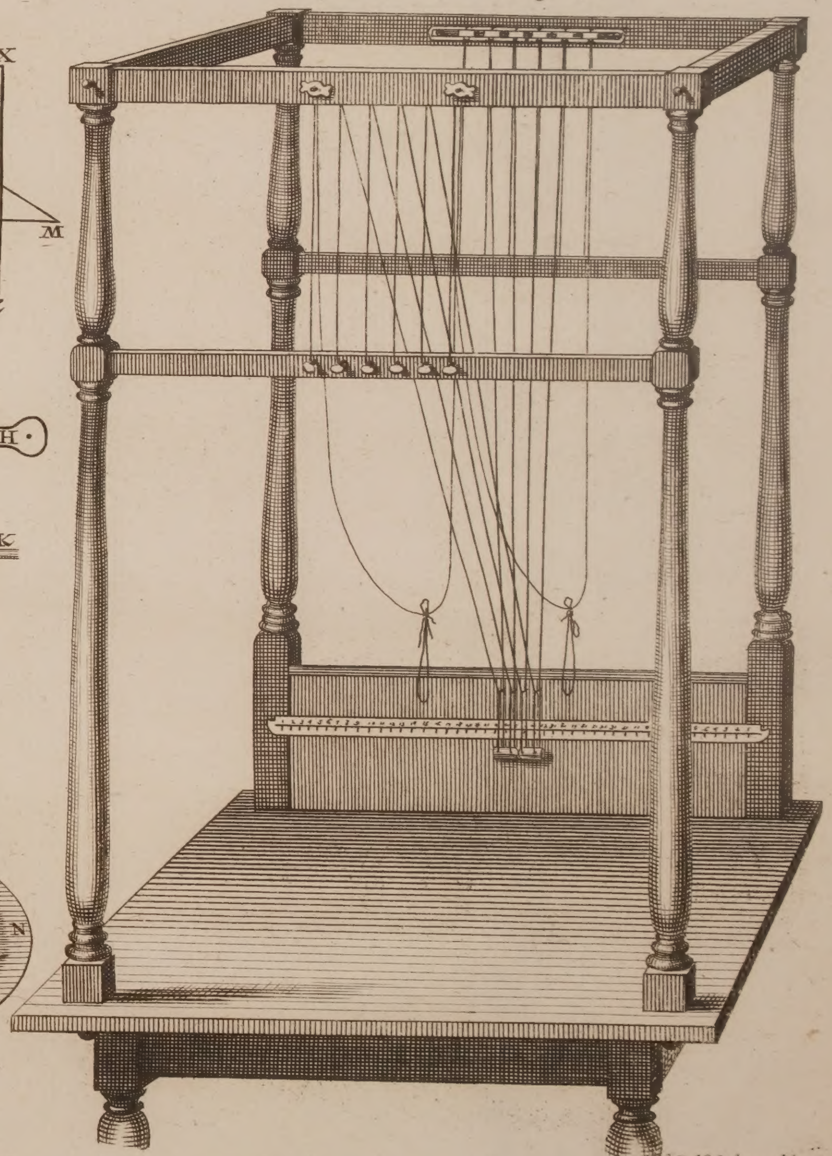
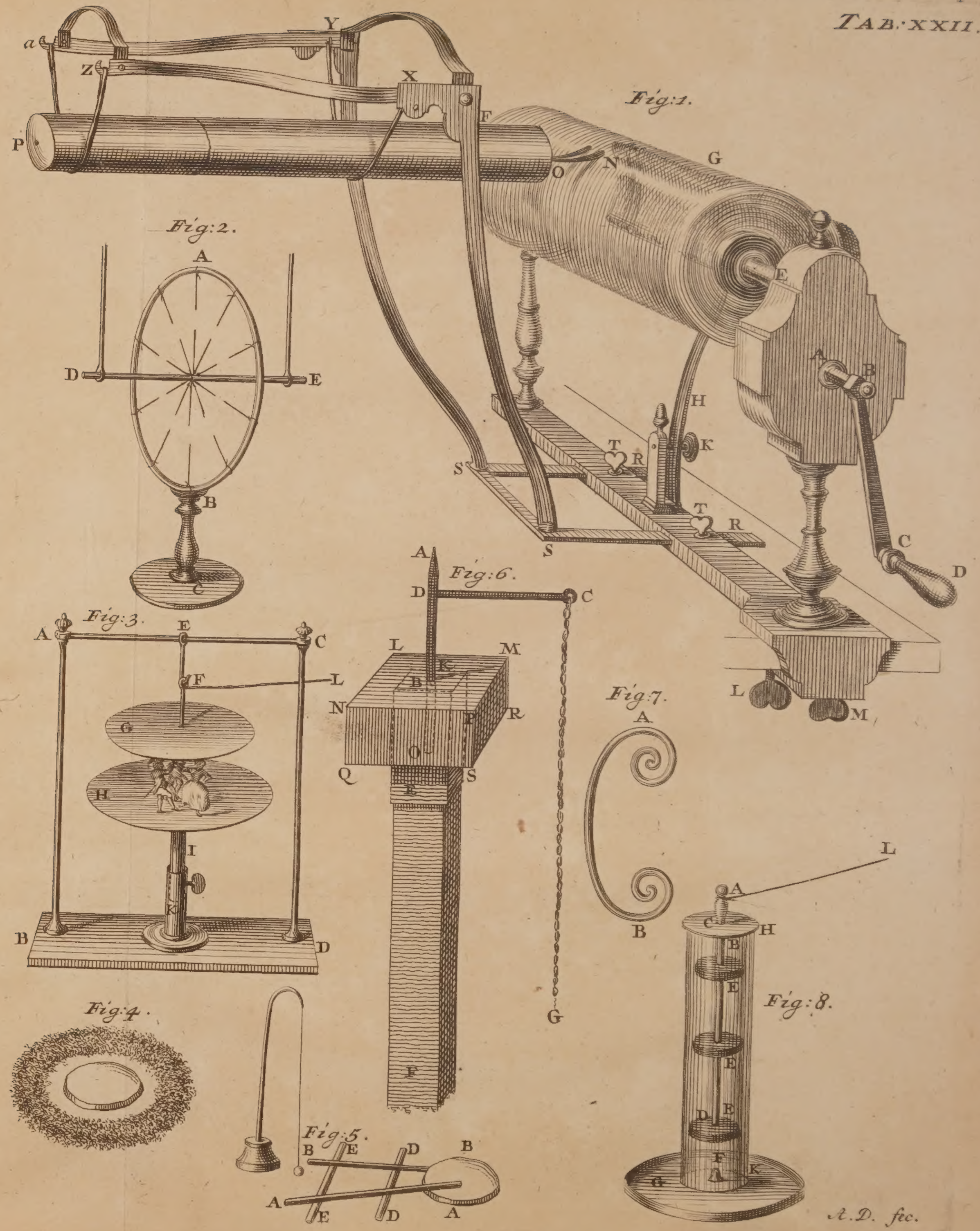


Fig: 3.



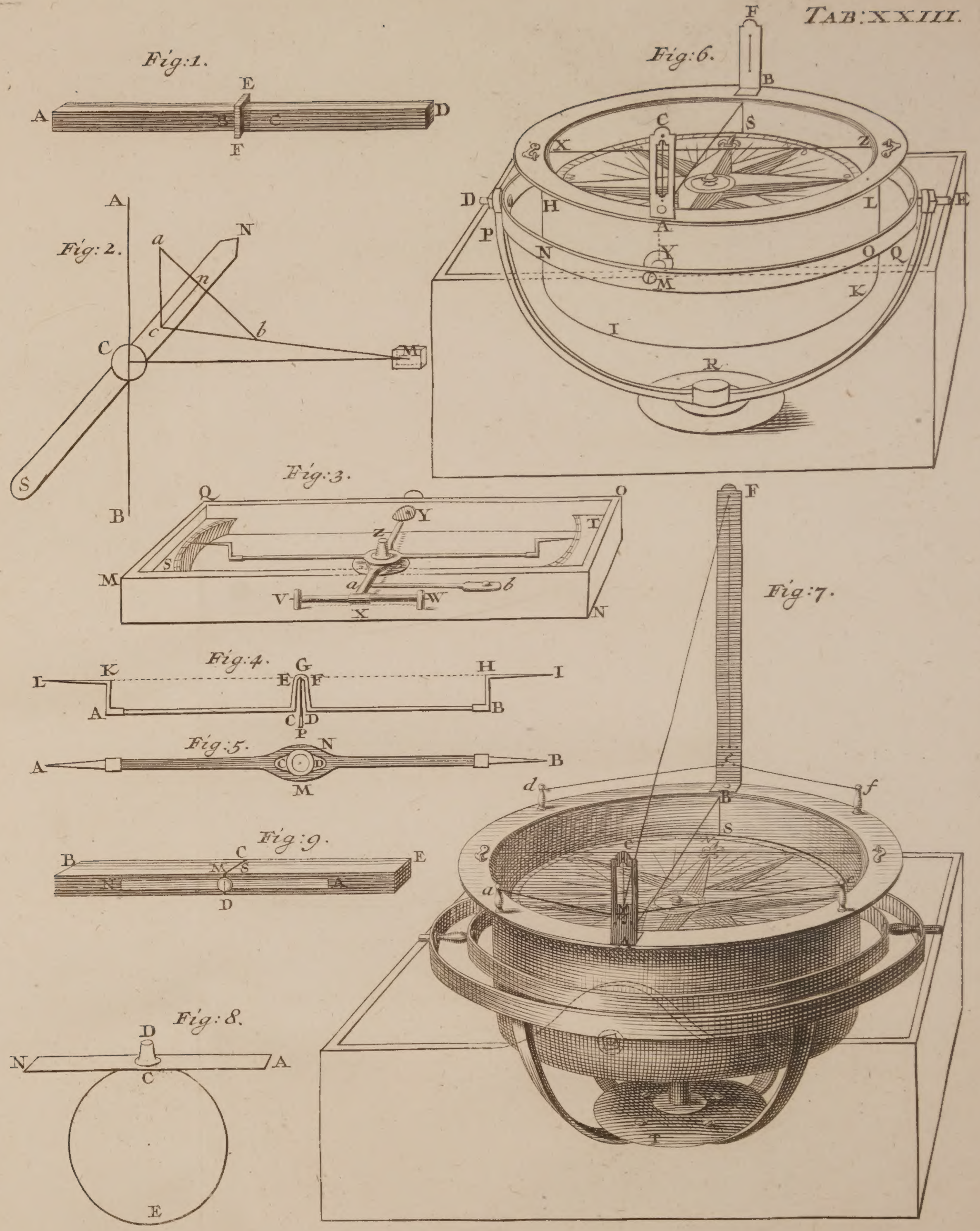
A. Delfos del. et sculp. 1760.

TAB: XXII.

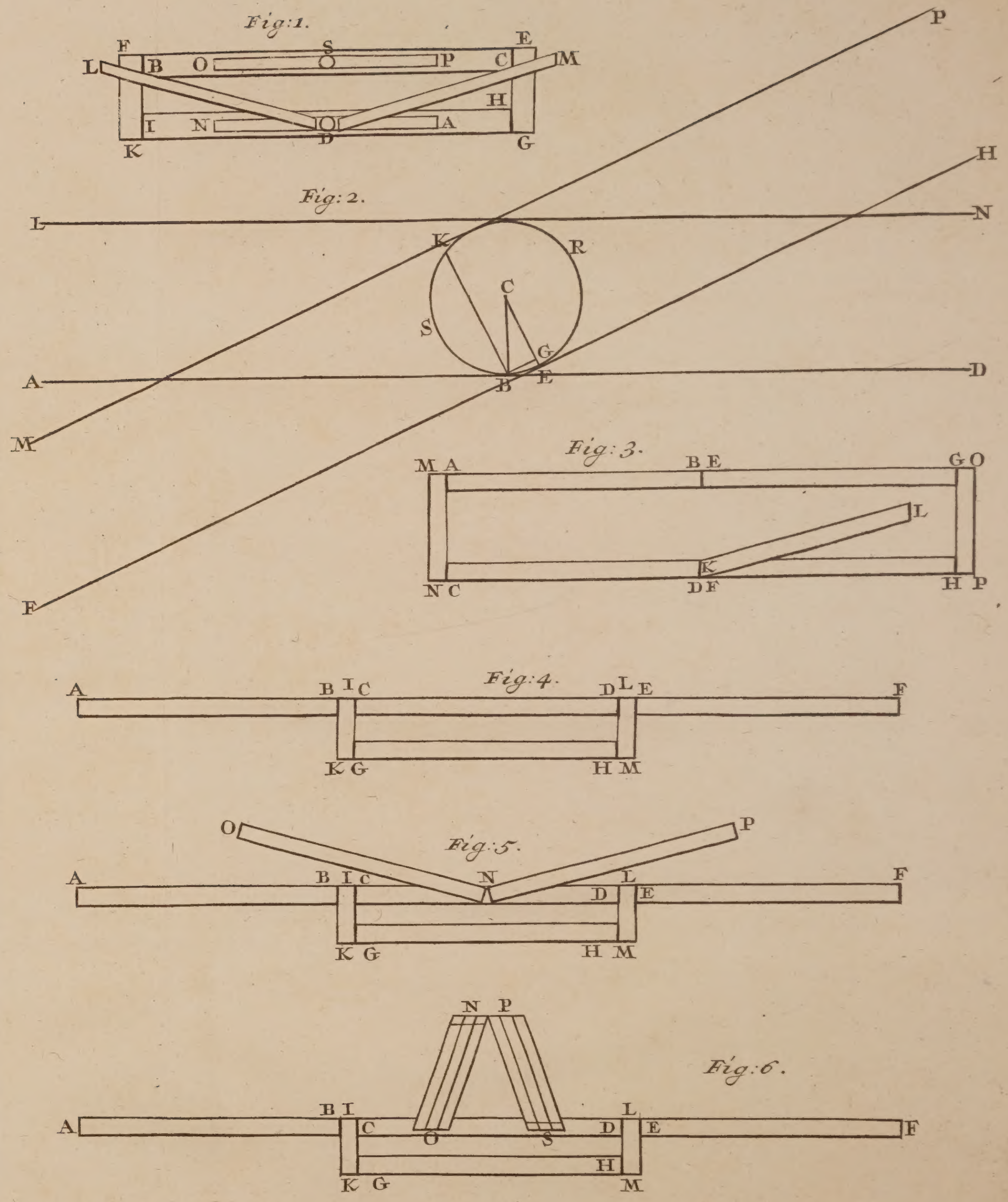


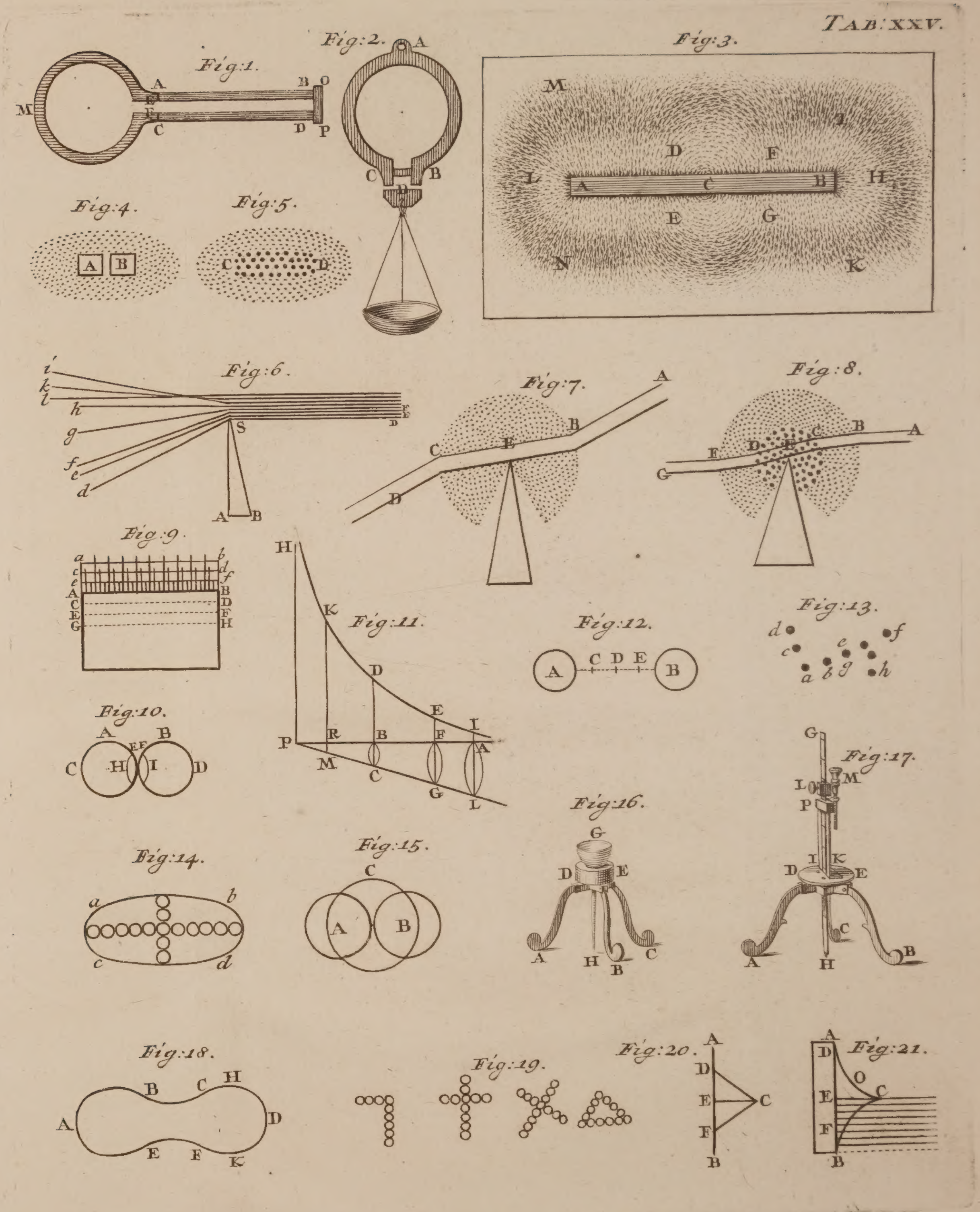
A.D. fec.

TAB: XXIII.



TAB: XXIV.




TAB: XXV.
Fig:1.
Fig:2.
Fig:3.
Fig:4.
Fig:5.
Fig:6.
Fig:7.
Fig:8.
Fig:9.
Fig:10.
Fig:11.
Fig:12.
Fig:13.
Fig:14.
Fig:15.
Fig:16.
Fig:17.
Fig:18.
Fig:19.
Fig:20.
Fig:21.